

Universitat de Lleida

“Efectivitat del Stroboscopic Vision Training sobre la capacitat neurocognitiva en el tractament de la reconstrucció del Lligament Creuat Anterior, en comparació al recomanat en les guies de pràctica clínica, en adults esportistes de rehabilitació hospitalària: Protocol d’Assaig Clínic Aleatoritzat Doble Cec”

Xavier Calvo Estelrich

Tutor: Francesc Valenzuela Pascual

5è Curs del Doble Grau de Fisioteràpia i Ciències de l’Activitat Física i l’Esport

Universitat de Lleida

25/05/2019

Taula de continguts

Llista de taules.....	3
Llista de figures.....	4
Llista d'abreviacions	5
Resum	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
1. Marc Teòric.....	9
1.1. Introducció	9
1.1.1. Factors de Risc.....	9
1.1.2. Mecanisme de lesió	10
1.1.3. Neuroplasticitat.....	11
1.1.4. Aprenentatge motor	14
1.1.5. Stroboscopic Visual Training	16
1.1. Justificació.....	18
2. Hipòtesis	20
3. Objectius.....	20
3.1. Objectiu Principal	20
3.2. Objectius Secundaris.....	20
4. Mètodes.....	21
4.1. Disseny	21
4.2. Participants	21
4.2.1. Mostreig de la població.....	21
4.2.2. Criteris d'inclusió	22
4.2.3. Criteris d'exclusió	22
4.2.4. Aleatorització	23
4.3. Variables de l'estudi.....	24
4.3.1. Capacitat Neurocognitiva	24
4.3.2. Control Motor	25
4.3.3. Percepció subjectiva	28
4.3.4. Satisfacció del tractament	28
4.4. Maneig de la informació i recollida de dades	29
4.5. Generalització i aplicabilitat	30

4.6.	Anàlisi estadístic.....	30
4.7.	Intervenció	31
4.7.1.	Grup experimental	32
4.7.2.	Grup control	34
5.	Calendari.....	35
6.	Limitacions i possibles biaixos	36
7.1.	Futures línies d'investigació.....	36
7.	Problemes Ètics	37
8.	Organització de l'estudi.....	38
8.1.	Investigador principal	38
8.2.	Fisioterapeutes	38
8.3.	Traumatòlegs.....	38
8.4.	Examinadors	38
8.5.	Estadístic	39
8.6.	Registre de dades i preservació de documents	39
9.	Pressupost.....	41
10.	Bibliografia	43
Annex 1	.....	51
Annex 2	.....	52
Annex 3	.....	53
Annex 4	.....	57
Annex 5	.....	59
Annex 6	.....	61

Llista de taules

Taula 1: Nivells d'intensitat “Stroboscopic Eyewear”	31
Taula 2: Calendari de l'estudi.....	35
Taula 3: Pressupost	41

Llista de figures

Figura 1: Sistema complexa en la lesió del LCA extret de Bittencourt et al. (8)	9
Figura 2: SEBT extret de Ness et al. (56)	26
Figura 3: Tuck Jump Test extret de Fort-Vanmeerhaeghe et al. (51)	27
Figura 6: Arbre d'organització	39
Figura 7: Valoració Tuck Jump Test	52
Figura 8: Qüestionari KOOS	56

Llista d'abreviacions

LCA: Lligament Creuat Anterior.

CdD: Canvi de Direcció.

SNC: Sistema Nerviós Central.

RLCA: Reconstrucció del Lligament Creuat Anterior.

SVT: Stroboscopic Vision Training.

SEBT: Star Excursion Balance Test.

KOOS: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score.

EVA: Escala Visual Analògica.

NVSG: Nike Vapor Strobe Glasses.

Resum

Pregunta d'investigació: És efectiu el “Stroboscopic Visual Training” en el tractament de la reconstrucció del Lligament Creuat Anterior envers al convencional recomanat per les guies de pràctica clínica, sobre la millora la capacitat neurocognitiva en esportistes adults de rehabilitació hospitalària?

Objectiu: Avaluar l'efectivitat del “Stroboscopic Visual Training” sobre la capacitat neurocognitiva en esportistes adults de rehabilitació hospitalària amb reconstrucció del Lligament Creuat Anterior, en comparació al tractament convencional basats en les guies de pràctica clínica.

Metodologia: Disseny d'estudi: és un assaig clínic aleatoritzat doble cec en pacients esportistes adults que ha sigut intervinguts mitjançant la reconstrucció del Lligament Creuat Anterior. **Mostra:** els participants són esportistes adults i amateurs (3h/setmana d'esport) amb intenció de retornar a l'activitat esportiva. **Aleatorització:** són assignats a l'atzar i de forma equivalent al grup control o experimental mitjançant una aleatorització simple. Els participants i els examinadors romandran cegats durant la intervenció. **Intervenció:** els pacients estan assignats aleatòriament per realitzar el tractament basat amb el “Stroboscopic Visual Training” (grup experimental) o realitzar el tractament convencional basat en les guies de pràctica clínica amb la incorporació de les ulleres estroboscòpiques a la menor intensitat, la qual no provoca cap efecte ni adaptació (grup control). **Mesures:** referent a l'objectiu principal s'utilitzarà el Software ImPACT per mesurar la capacitat neurocognitiva. Pels objectius secundaris, es valorarà el control motor mitjançant el Star Excursion Balance Test i el Tuck Jump Test, la percepció subjectiva del pacient amb el qüestionari KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) i el grau de satisfacció amb el tractament mitjançant l'EVA (Escala Visual Analògica). **Calendari i avaluacions:** la intervenció s'iniciarà al complir els criteris inicials i finalitzarà al obtenir l'alta mèdica per part del traumatòleg. Les avaluacions es realitzaran un cop finalitzada la intervenció, exceptuant la percepció subjectiva que també es valorarà prèviament.

Paraules clau: “Stroboscopic Visual Training”, Reconstrucció del Lligament Creuat Anterior, Capacitat neurocognitiva, Control Motor.

Resumen

Pregunta de investigación: ¿Es efectivo el “Stroboscopic Visual Training” en el tratamiento de la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior en comparación al convencional recomendado por las guías de práctica clínica, sobre la mejora de la capacidad neurocognitiva en deportistas adultos de rehabilitación hospitalaria?

Objetivo: Evaluar la efectividad del “Stroboscopic Visual Training” sobre la capacidad neurocognitiva en deportistas adultos de rehabilitación hospitalaria con reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior, en comparación al tratamiento convencional basado en las guías de práctica clínica.

Metodología: *Diseño del estudio:* es un ensayo clínico aleatorizado doble ciego en pacientes deportistas adultos que han sido intervenidos mediante la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior. *Muestra:* los participantes son deportistas adultos y amateurs (3 h/semana de deporte) con la intención de volver a la práctica deportiva. *Aleatorización:* son asignados al azar y de forma equivalente al grupo control o experimental mediante una aleatorización simple. Los participantes y los examinadores del estudio permanecerán cegados durante la intervención. *Intervención:* los pacientes serán asignados aleatoriamente para realizar el tratamiento basado en el “Stroboscopic Visual Training” (grupo experimental) o realizar el tratamiento convencional basado en las guías de práctica clínica con la incorporación de las gafas estroboscópicas a la menor intensidad, la cuál no provoca ningún efecto ni adaptación (grupo control). *Medidas:* referente al objetivo principal se utilizará el Software ImPACT para medir la capacidad neurocognitiva. Para los objetivos secundarios, se valorará el control motor mediante el Star Excursion Balance Test y el Tuck Jump Test, la percepción subjetiva del paciente con el cuestionario KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) y el grado de satisfacción del tratamiento mediante la EVA (Escala Visual Analógica). *Calendario y valoraciones:* la intervención se iniciará al cumplir los criterios iniciales y finalizará al obtener el alta médica por parte del traumatólogo. Las valoraciones se realizarán una vez finalizada la intervención, exceptuando de la percepción subjetiva que también se valorará previa a esta.

Palabras clave: “Stroboscopic Visual Training”, Reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior, Capacidad neurocognitiva, Control Motor.

Abstract

Research question: Is Stroboscopic Visual Training more effective in the treatment of the reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament as compared to the conventional one recommended by clinical practice guides, upon the betterment of the neurocognitive capacity, in adult athletes in hospital rehabilitation?

Objective: Evaluate the effectiveness of Stroboscopic Visual Training on the neurocognitive capacity in adult athletes in hospital rehabilitation with Anterior Cruciate Ligament reconstruction, as compared to the conventional treatment based on clinical practice guides.

Methods: Study design: this here is a double blind randomized clinical trial in adult athlete patients that have undergone an Anterior Cruciate Ligament reconstruction. **Sample:** the participants are adult amateur athletes (3h/week of exercise) with the intention of returning to sport. **Randomization:** participants are randomly assigned to the control and experimental groups. Participants and the research conductors shall remain blind to their assignment throughout the trial. **Intervention:** patients are randomly assigned to either fulfill the treatment based on the Stroboscopic Visual Training (experimental group) or to fulfill the treatment based on the clinical practice guides with the incorporation of strobe glasses of lesser intensity, which do not suppose any real effects (control group). **Measurements:** relating to the principle objective, ImPACT Software will be employed to measure the neurocognitive capacity. For the secondary objectives, motor control will be analyzed by means of the Star Excursion Balance Test and Tuck Jump Test, the subjective perception of the patient will be monitored through the KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) questionnaire, and the level of satisfaction regarding the treatment will be determined by means of VAS (Visual Analog Scale). **Calendar and assessments:** the intervention will commence once the initial criteria are met and will be finalized upon receiving the medical discharge by the traumatologist. The assessments will be conducted once the trial is finalized, except for the subjective perception of the patient, which shall also be monitored before the intervention.

Key words: “Stroboscopic Visual Training”, Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Neurocognitive capacity, Motor Control.

1. Marc Teòric

1.1. Introducció

1.1.1. Factors de Risc

Les lesions del Lligament Creuat Anterior (LCA) són de les més severes en els esports multidireccionals. El contacte és un factor de risc, però s'ha demostrat com el 70 – 84% d'aquestes són mitjançant accions sense contacte (1,2).

La incidència de lesió és de 0,17 per a cada 1000 atletes, amb unes 100.000 lesions per any tan sols en el futbol americà, augmentant els valors anys rere any (3). Aquestes lesions suposen un greu impacte per l'esportista sent la causa primària d'intervenció quirúrgica, amb conseqüències a llarg termini i lesions associades que poden aparèixer posteriorment, tenint una repercussió bio – psico – social transcendental (4–6).

Les lesions sense contacte del LCA són multifactorials, interactuant múltiples factors de risc, predisposant a l'atleta a la lesió, els quals han sigut analitzats i estudiats amb l'objectiu de poder actuar sobre els que són modificables (2,7). La lesió és complexa i dinàmica, entenent-se com una globalitat que està formada per diferents factors, que interactuen directament entre ells. En definitiva es tracta d'un sistema obert i allunyat de la linealitat, amb capacitat per autoregular-se i retro alimentar-se (**Figura 1**) (8).

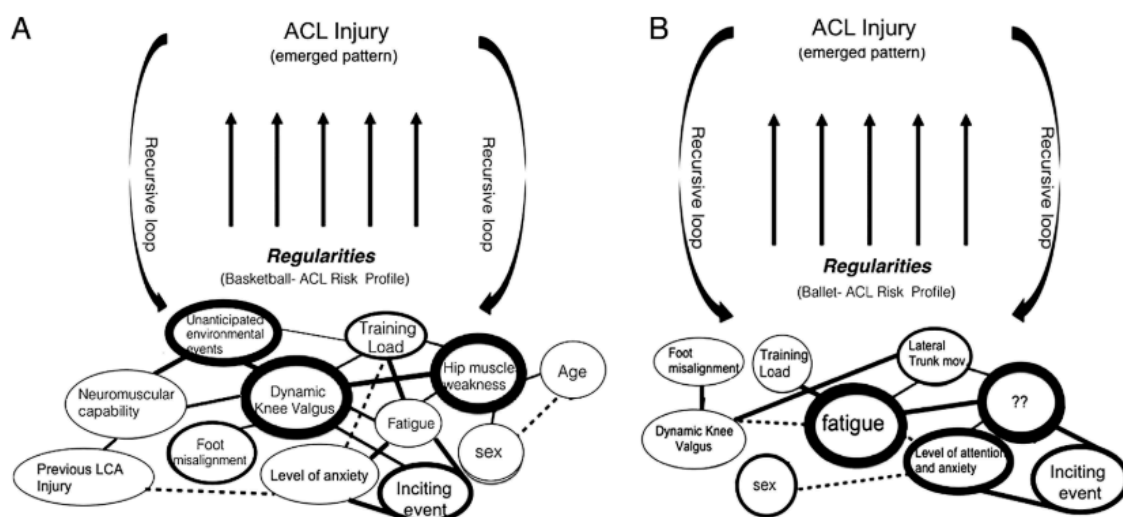


Figura 1: Sistema complexa en la lesió del LCA extret de Bittencourt et al. (8)

Els factors de risc més rellevants són una lesió prèvia del LCA com a no modificable (4,9), la posició de la pelvis (4,10) dèficits o alteracions dels mecanoreceptors, disfuncions en nivells de força i reclutament muscular i dèficits neuromusculars, com a modificables (4,10,11).

La interacció dels factors de risc conjuntament amb un moment incitant, dona lloc al mecanisme de la lesió. Aquest, en les lesions sense contacte, és la combinació d'una càrrega multidireccional en els tres plans de moviment. La lesió és dona en situacions de frenada o desacceleració d'alta intensitat, on apareixen múltiples vectors de força multi planars, amb l'objectiu de realitzar un canvi de direcció (CdD), un amortiment després d'un salt o pivotatges, amb un recolzament monopodal (1,4,12).

1.1.2. Mecanisme de lesió

Mitjançant anàlisi de vídeo s'ha observat com en la lesió es produeix una combinació de la translació tibial anterior i un dèficit de flexió en el pla sagital, amb un desplaçament a medial o valg de genoll en el pla frontal acompanyat per moments de rotació entre l'articulació femoral tibial en el pla transversal (4,10,12)

Encara que s'ha analitzat i estudiat profundament els factors de risc i els mecanismes de lesió, un 60% dels esportistes que es lesionen no són capaços de retornar al nivell esportiu previ a la lesió, sent la causa primària els dèficits en l'articulació del genoll (3,13,14). A més, el 22% aproximadament pateix una recaiguda durant els dos primers anys o es lesiona l'extremitat contra lateral durant els primers 5 anys (13–15)

Les dades demostren com tot i realitzar programes de prevenció i de rehabilitació basats en l'evidència, les lesions sense contacte i les recaigudes segueixen incrementant, donant lloc a qüestionar les intervencions realitzades fins al moment pel tractament del LCA. Els programes de rehabilitació i prevenció de lesions es centren en la reducció dels factors de risc modificables, amb l'objectiu de minimitzar-los al màxim possible, treballant el control neuromuscular, la força, l'estabilitat i la pliometria (6,14,16,17).

En els mecanismes de lesió sense contacte del LCA hi participen molts dels factors de risc estudiats, però no s'analitzen de la mateixa forma d'altres factors externs com és la pilota, la interacció amb els jugadors o l'atenció al joc. Els entorns oberts i inestables, combinats amb la ràpida naturalesa de la lesió, poden ser indicadors dels dèficits de control motor. Els factors neurocognitius, com el temps de reacció, la velocitat de processament d'informació, els focus

d'atenció, el control oculo – motor, la memòria visual, combinats amb els factors biomecànics contribueixen al feedback del control motor i per tant al risc de lesió (17,18).

1.1.3. Neuroplasticitat

Els entrenaments neuromusculars estudiats fins al moment en prevenció i rehabilitació, no incorporen els components neurocognitius associats a mantenir l'alineament i estabilitat de les articulacions durant un entorn atlètic obert, inestable i complex, sinó que només centren l'atenció en el moviment. En les lesions del LCA es requereix un control sensoriomotriu, ja que es donen pel dèficit del control neuromuscular del genoll en situacions on el focus d'atenció és extern, centrat amb l'entorn, incorporant estímuls visuals dinàmics altament inestables, combinats amb diferents plans de moviments, preses de decisions i pertorbacions no anticipades (16,17).

Els atletes que presenten lesions sense contacte del LCA han demostrat un temps de reacció i velocitat de processament significativament més lenta, acompanyada d'una memòria visual i verbal menor en comparació als valors previs de la lesió. Per tant aquests estan associats a errors coordinatius, tenint major dificultat per interpretar la informació dels entorns no anticipats, el que dona lloc a una alteració de la resposta motora, disminuint l'efectivitat de l'estabilitat dinàmica de l'articulació i augmentant el risc de lesió (18).

El control motor depèn del Sistema Nerviós Central (SNC), el qual és l'encarregat d'integrar els canvis dels estímuls sensorials en funció de les demandes de l'entorn. El Sistema Sensoriomotriu és l'encarregat de la informació aferent ascendent per tal d'obtenir una resposta motora per poder mantenir l'estabilitat i està compost pel sistema visual, vestibular i somat sensorial (16,17).

El tractament quirúrgic és el més comú, mitjançant les Reconstruccions del Lligament Creuat Anterior (RLCA), al qual s'hi sotmeten més del 50% dels lesionats per recuperar l'estabilitat del genoll. Aquest tractament produeix un dany dels mecanoreceptors, acompanyat de conseqüències secundàries com el dolor, inflamació i tumefacció, que indueixen a canvis en la neuroplasticitat del cervell, i per tant a alteracions en els senyals somat sensorials (6,16,17,19).

Amb l'objectiu de compensar aquestes alteracions per mantenir els nivells d'informació aferent al SNC, s'incrementa l'ús i es crea una dependència sobre el sistema visual per regular el control motor. Aquesta modificació suposa una major planificació motora conscient per realitzar de

forma controlada el moviment, creant compensacions en l'engrama motor, les quals poden ser estructurals o funcionals (16,17,19).

La dependència del feedback visual i planificació motora, dona lloc a una disminució del control neuromuscular a major complexitat i demanda de la tasca i entorn. S'ha demostrat en estudis previs com els esportistes amb RLCA presenten dèficits d'equilibri sense l'estímul visual i una disminució del control neuromuscular quan s'interromp la informació visual en tasques complexes com els amortiments o CdDs, incrementant el risc de lesió (16).

Hi ha estudis on s'analitza l'activació cerebral mitjançant Ressonància Magnètica i s'observa com els pacients amb RLCA presenten menys activació en les àrees sensoriomotrius amb un increment d'activitat en les àrees motores, afirmant canvis neurofisiològics després de la lesió (19). A més, altres autors ho suporten mitjançant un estudi amb electroencefalograma on s'incrementa l'activitat del còrtex frontal i frontoparietal durant l'execució de tasques somat sensorials, estant relacionada amb l'increment del control d'atenció i del processament d'informació (19,20).

Altres estudis també demostren una major activació de l'àrea Lingual Gyrus que suposa una major necessitat del feedback visual durant el moviment per estabilitzar l'articulació (19). Referent a l'àrea encarregada de la planificació motora, també hi ha un increment d'activació en tasques complexes, el qual suggereix que els pacients amb RLCA requereixen una major planificació per programar moviments de forma organitzada i segura, sent retardada quan les tasques i entorns són complexes, incrementant-se el risc de lesió a causa de la manca de mecanismes protectors (19,20).

Els autors atribueixen la disminució de l'activitat cortical a els senyals aferents alterades, les quals produeixen canvis en la plasticitat del cervell i com a conseqüència una re organització de la planificació motora, també alterada (19,20).

Un augment de l'activitat sensorial, visual, espacial i motora per controlar la posició del genoll en relació a l'espai suposa una major eficiència del còrtex motor, ja que pot millorar l'aprenentatge i retenció dels patrons motors complexes, centrant l'atenció i promovent un processament d'informació més eficient de les demandes complexes de l'entorn esportiu (21).

En definitiva, les adaptacions que apareixen després d'una RLCA és una entrada d'informació somat sensorial interrompuda amb un processament d'aquesta alterat, requerint un feedback

visual augmentat per planificar el moviment i mantenir el control neuromuscular (16,17,19,20,22). També es produeixen modificacions en el pla motor, donant més pes a els senyals aferents de les articulacions adjacents, com el turmell o maluc, la qual permetrà mantenir la funcionalitat, però suposarà una integració de patrons de moviments compensatoris (16,17,22).

Hi ha una clara evidència que les lesions del LCA suposen dèficits neuromusculars, propioceptius i d'estabilitat, una disminució de força i funcionalitat, modificacions biomecàniques, i encara després de la reconstrucció, rehabilitació o readaptació esportiva persisteixen els dèficits de control motor. Aquests són provocats per les adaptacions del SNC, degut a les alteracions de les senyals aferents que han provocat canvis en el còrtex motor (19,20).

Les senyals aferents ascendents donen informació sobre la posició i moviment del genoll, mitjançant els corpuscles de Ruffini, Paccini, Òrgans Tendinosos de Golgi, Fusos Musculars i les terminacions nervioses lliures (22). La pèrdua d'aquestes senyals combinades amb el dolor i la inflamació de la lesió, alteren el feedback somat sensorial, donant lloc a informacions menys precises i com a conseqüència creant compensacions i canvis mecànics, com poden ser alteracions sobre la posició articular i el control postural o inhibició muscular, produint adaptacions del control motor (22,23).

Per tant, s'ha d'entendre i tractar les RLCA com una combinació d'alteracions neurofisiològiques i neuromusculars que incrementen la dependència del feedback visual i la planificació motora cortical per controlar els moviments (16,17,19,20).

La rehabilitació, readaptació esportiva i els entrenaments preventius pel LCA no s'han de centrar en disminuir la inestabilitat que es produeix en el genoll, sinó a restablir la biomecànica, la funcionalitat somat sensorial natural i l'excitabilitat corticomotora, que combinat amb un correcte aprenentatge motor dels patrons de moviments produeixen una millora fisiològica de la funció neuromuscular i control motor, creant adaptacions en la plasticitat del cervell, i com a conseqüència una millor estabilitat del genoll (17,24). Per tant, l'entrenament neuromuscular ha de formar-se per la combinació de processos cognitius, perceptius i motors de forma sinèrgica, permetent respondre a les demandes específiques de l'esport mitjançant estratègies de baix risc de lesió (20–22).

L'entrenament neurocognitiu permet estimular el SNC creant modificacions en la neuroplasticitat. L'elevada demanda neurocognitiva de les tasques produeix adaptacions somat sensorials que permeten restablir les senyals aferents prèvies a la lesió (16,17,21).

Els elements neurocognitius són fonamentals per la seguretat dels atletes per mantenir una correcta resposta neuromuscular en funció de les demandes de les tasques dinàmiques de l'esport, en un entorn atlètic (25).

En entorns complexos, oberts i canviants és on es produeixen les lesions del LCA sense contacte, és a dir on l'esportista està exposat a un major risc de lesió (17,18,25,26). Aquest tipus d'entorns suposen una elevada demanda neurocognitiva, ja que entren en joc diversos factors com la presa de decisions, la velocitat de processament, temps de reacció, l'atenció visual externa i la memòria mitjançant perturbacions no anticipades (9,17,18,20,21,25,26).

1.1.4. Aprenentatge motor

L'aprenentatge motor és l'adquisició permanent d'habilitats motrius i pot ser guiat mitjançant diferents focus d'atenció, sent un dels majors errors que es realitzen durant la recuperació del RLCA la utilització del focus d'atenció intern durant gran part del procés (27–29). Aquest tipus d'atenció fa referència al control del moviment corporal conscient en un entorn tancat, estable i no canviant, podent ser de gran utilitat en les primeres fases del procés per tal de re educar els patrons de moviment o el reclutament muscular (16,20,27,29–32)

La predominança del focus intern en fases més avançades del procés suposa una problemàtica perquè converteix a l'atleta més vulnerable enfront a situacions d'elevat estrès fisiològic i psicològic. S'ha de progressar cap al focus d'atenció extern, centrat en els efectes o resultats del moviment, sent el més adequat per l'aprenentatge de les habilitats motrius. Aquest permet incrementar la retenció, transferència i l'automatització de les habilitats de l'esport, facilitant l'autonomia del moviment i demostrant una menor activitat del còrtex pre motor, encarregat de la preparació i execució del moviment, així com de l'atenció conscient per memoritzar els moviments, el que permetrà tindre més recursos per prestar atenció a altres factors externs del joc (26,27,29–32).

Un simple canvi en la forma de realitzar el feedback o focus d'atenció suposa efectes diferents pel que fa a l'execució i aprenentatge motor (26,27,29–32). Hi ha evidència sobre com varia l'execució d'una tasca en funció del focus d'atenció, demostrant-se com mitjançant el focus

extern en els salts i amortiments d'aquests, s'aconsegueix una major altura de salt i desplaçament del centre de masses, major producció de força, majors moments de flexió de genoll, menors pics de força de reacció del terra i una millora coordinació neuromuscular, factors que permeten reduir el risc de lesió del LCA i a més, incrementar el rendiment (26). En accions de tall o CdDs no anticipats, també s'han observat millores en quant als moments de flexió del genoll i turmell, la força de reacció del terra i als moments d'abducció o valg de genoll amb el feedback visual extern en comparació al feedback verbal intern, disminuint la càrrega articular del genoll a més de produir una integració permanent dels patrons de moviments (27).

La falta d'aquest tipus d'atenció durant la recuperació del RLCA suposa que l'esportista no estigui preparat per les demandes neurocognitives del joc, incrementant el risc de recaiguda o lesió. Tal com s'ha esmentat, persisteix la dependència visual i la necessitat d'una major planificació motora conscient per regular l'alineament i estabilitat del genoll, però en situacions de joc reals el feedback visual ascendent es centra en l'entorn, donant lloc a una menor informació per tal de regular el control neuromuscular, l'activació muscular i l'estabilitat del genoll (16,20,26,32).

Per mantenir el control neuromuscular en un entorn esportiu complex i dinàmic, es requereix una constant interacció entre els factors intrínsecs, com la planificació motora o la posició de l'articulació, i els factors extrínsecs de l'entorn, com els altres jugadors o els estímuls no anticipats, amb una integració i processament simultani de la informació propioceptiva, visual i vestibular (16,20,22,23).

En el moment que interactuen dues tasques, per exemple una de motora i l'altre cognitiva, una sempre tindrà prioritat sobre l'altre. Traduït a l'entorn esportiu, quan els factors externs com la pilota o els altres jugadors requereixen d'atenció, la biomecànica i el control motor passen a ser processos automàtics i inconscients, requerint un adequat equilibri entre les funcions cognitives i les biomecàniques (26).

Diferents estudis han demostrat com els subjectes amb menys capacitat neurocognitiva presenten un major risc de lesió sense contacte, ja que factors com un alterat temps de reacció o execució en dobles tasques, suposa una reducció de l'habilitat de reaccionar a les demandes de l'entorn esportiu així com de regular el control neuromuscular mentre es requereix una atenció visual externa (16,25,26,33,34).

Els esportistes amb menor capacitat neurocognitiva presenten un temps de reacció superior o més lent, havent observat com respostes més lentes de 545 ms en la bateria de tests ImPACT, són predictors de lesió. El temps de reacció és el temps necessari per generar una resposta enfront un estímul, requerint una velocitat de processament d'informació elevada per tal d'executar la resposta motora (33,34).

1.1.5. Stroboscopic Visual Training

Una eina que s'ha emprat per simular les demandes neurocognitives de les tasques en entorns oberts i canviants ha sigut la interrupció del feedback visual, amb l'objectiu de disminuir la dependència d'aquesta informació després de la RLCA i estimular el sistema somat sensorial (16,24).

El retràs neural en el processament de l'estímul visual o una interrupció d'aquest, suposa un major necessitat d'anticipar les càrregues externes per generar una correcta tensió muscular que permeti controlar l'estabilitat dinàmica de l'articulació del genoll. Amb el treball i la millora de l'habilitat oculo motora i el processament de la informació visual al SNC, s'acceleren els temps de reacció per generar respostes protectores enfront a mecanismes de lesió (33,34).

Aquesta interrupció es pot donar mitjançant el Stroboscopic Vision Training (SVT). Aquest està format per unes ulleres estroboscòpiques que regulen els tons d'opacitat de forma intermitent durant les accions dinàmiques, permetent major interacció amb l'entorn i majors demandes neurocognitives (9,24,35). Els beneficis d'aquestes són una major estimulació somat sensorial, millora de la cognició visual, atenció transitòria visual, estimació de trajectòries, temps de reacció o anticipació i increment de la memòria a curt termini (35–37). En definitiva, suposa una millora de les habilitats de percepció i cognició, així com de la velocitat de processament d'informació i de la velocitat d'anticipació, factors claus en entorns i tasques obertes (20,35,36,38–40).

La necessitat de transferir les estratègies de control neuromuscular des d'un entorn estable a un de caòtic o canviant, requereix factors que estimulin les entrades sensorials complexes conjuntament amb les sortides motores. La interrupció del feedback visual mitjançant el SVT en la rehabilitació permet imitar les demandes del sistema neurocognitiu, afavorint la transició per retornar a l'esport de forma més preparada i segura (16).

Hi ha estudis on s'analitza la cinemàtica dels amortiments dels salts bilaterals amb diferents tons d'opacitat mitjançant les ulleres estroboscòpiques, amb l'objectiu d'incrementar la demanda neurocognitiva de les tasques i reduir la dependència del feedback visual en pacients amb RLCA. A partir dels resultats s'ha demostrat com persisteixen alteracions neurològiques després de la recuperació de la lesió, les quals limiten la funció i la tornada a l'esport (24).

La predominança i dependència del feedback visual no està resolta després de la recuperació basada en l'evidència, perquè hi ha quantitat d'estudis biomecànics que demostren com els pacients amb RLCA presenten alteracions en el control postural quan se'ls limita la visió o se'ls sotmet a una doble tasca. Per aquest motiu, es va estudiar la cinemàtica de l'amortiment del salt amb interrupció del feedback visual mitjançant anàlisis de vídeo, on els resultats suggereixen que l'alteració oculo – motora pot influenciar al control motor de les accions (24,41,42).

Com a resultats més significatius es va observar una disminució de la flexió de genoll, maluc i turmell quan s'interromp el feedback visual en pacients amb RLCA. En el pla frontal es va veure com augmentava el valg de genoll, però aquest en ambdós grups sent un risc per a tota la població (24). En definitiva, les alteracions cinemàtiques amb diferents graus d'opacitat indiquen que el control motor durant els amortiments dels salts pot ser influenciat per la quantitat del feedback visual (24,42).

Els amortiments dels salts són una acció de risc pel LCA, juntament amb els CdD, degut a l'augment de les forces de reacció del terra, les que es transmeten de forma ascendent mitjançant les cadenes cinètiques. En un estudi amb militars, els quals han de realitzar aquest tipus d'accions durant les missions de nit, suposa una gran limitació de l'estímul visual, i un increment del sistema vestibular i somat sensorial per tal d'estabilitzar l'articulació. Els resultats demostraren com s'evidenciaven alteracions biomecàniques i suggereixen com a estratègia preventiva disminuir la força de reacció del terra, mitjançant patrons de moviments de triple flexió que permetin amortir i distribuir correctament les forces (42).

Un altre factor que es va descobrir mitjançant l'estudi, va ser com el temps que transcorria des del contacte inicial fins a la flexió dorsal completa, disminuïa quan l'estímul visual estava interromput. Aquest fet suposa que es té menys temps per absorbir i dissipar les forces de reacció del terra, requerint major habilitat per aconseguir una correcta gestió de càrregues. Els autors associen la disminució del temps a una falta de força excèntrica dels flexors plantars (42).

En altres estudis previs s'ha demostrat com les ràpides adaptacions que s'han de realitzar en els amortiments dels salts o en els CdD sense un estímul visual anticipat, alteren de forma aberrant la cinemàtica i cinètica, donant-se en situacions o entorns esportius complexos i dinàmics, incrementant el risc de lesió (6).

Així doncs, les ulleres estroboscòpiques permeten replicar les demandes oculo – motores i neurocognitives dels entorns més complexos i canviants de l'esport (16,17). Tot i així, l'estudi que analitza les alteracions biomecàniques que es produeixen en els amortiments dels salts en diferents opacitats, s'ha realitzat de forma bilateral, amb la limitació que el processament visual no és lateralitzat i els mecanismes de lesió són sobre una sola extremitat, requerint tasques més complexes per detectar les variacions més rellevants al control oculo – motor en un futur (24).

La interrupció de l'estímul visual pot ser un complement en la recuperació centrada en l'evidència clínica, podent imitar de forma més específica les demandes neurocognitives. S'ha de variar l'estímul visual mitjançant diferents materials, interaccions amb altres participants, presa de decisions, tipus i temps d'opacitat així com tipus de tasca, per presentar una major variació i adaptacions neurals en el control neuromuscular, buscant incrementar la utilització del sistema vestibular i somat sensorial, permetent crear adaptacions en la plasticitat i estratègies de control motor protectores (16).

Mitjançant el SVT s'obliga als subjectes a realitzar un millor ús de la informació visual limitada, convertint-se més sensibles a altres recursos d'informació com el sistema somat sensorial o vestibular, produint canvis en la plasticitat. El SVT presenta una forta evidència de millores en les habilitats de percepció visual i motor, així com de la memòria visual (39).

1.1. Justificació

Les intervencions realitzades fins al moment amb el SVT han sigut encarades al rendiment i a l'optimització, amb resultats beneficiosos a causa de la millora del temps de reacció i la velocitat de processament (16,35,39,40).

Fins el dia d'avui, en la literatura científica no s'ha experimentat la utilització del SVT en la rehabilitació de la RLCA en cap mena de població. Es requereixen investigacions futures per avaluar les adaptacions de la neuroplasticitat que es poden produir mitjançant la incorporació d'aquest entrenament al tractament, així com les recomanacions d'aplicació més òptimes per obtenir els millors resultats possibles.

És una eina senzilla d'utilitzar, que es pot introduir dins l'entrenament neuromuscular que es realitza en el tractament de la RLCA, el qual presenta una forta evidència de produir millores significatives, però no suficients (3,11).

El protocol d'assaig clínic realitzat en aquest estudi és el primer sobre l'ús del SVT en el tractament de la RLCA.

2. Hipòtesis

La hipòtesi d'investigació és que el SVT millora la capacitat neurocognitiva, associada amb una millora del control motor en la RLCA en esportistes adults de rehabilitació hospitalària, a causa de l'increment de la velocitat de processament d'informació i temps de reacció, en comparació al tractament convencional de les guies de pràctica clínica basades en l'evidència.

3. Objectius

3.1. Objectiu Principal

L'objectiu principal és:

- Avaluar l'efectivitat del SVT sobre la capacitat neurocognitiva en esportistes adults de rehabilitació hospitalària amb RLCA, en comparació al tractament convencional basat en les guies de pràctica clínica.

3.2. Objectius Secundaris

Avaluar en els esportistes adults de rehabilitació hospitalària amb RLCA l'efectivitat del SVT en comparació al tractament convencional basat en les guies de pràctica clínica, en les següents variables:

- Control Motor.
- Percepció Subjectiva.
- Grau de Satisfacció.

4. Mètodes

4.1. Disseny

Per respondre a la pregunta d'investigació el disseny de l'estudi és un assaig clínic aleatoritzat doble cec de dos grups paral·lels.

Aquest estudi pretén valorar l'efectivitat d'introduir el SVT dins el tractament de la RLCA sobre la capacitat neurocognitiva en adults esportistes que són aleatoritzats per sotmetre's al grup experimental o al control. Hi ha un doble cegament: els pacients i els examinadors, externs a l'estudi.

L'estudi seguirà la llista d'ítems per l'elaboració d'assaig clínics aleatoritzats de CONSORT 2018. Aquest és una estament que va ser creat per millorar la presentació dels assaigs clínics aleatoritzats, sent suportat oficialment per més de 600 revistes i grups editorials destacats (43). És una declaració de normes consolidades en la presentació de qualsevol assaig clínic, elaborant una llista d'elements verificats, però adaptables que s'han d'incloure en aquest tipus de disseny d'estudi (43,44).

L'assaig clínic permet l'aleatorització de la mostra, tenint menys possibilitat de biaixos. La validesa de l'estudi radica fonamentalment en l'aleatorització, sent dissenys repetibles i comparables amb d'altres, però presenten dificultats en la generalització o en la inferència estadística a la població (43,44).

Els assaig clínics són dels més utilitzats en la literatura científica, tenint un elevat grau d'evidència si es dissenyen i executen correctament, permetent avaluar una o més intervencions sobre una població (43,44).

4.2. Participants

La població diana de l'estudi serà reclutada al servei de rehabilitació hospitalària de Lleida des del Novembre del 2019 fins al Juny del 2020.

4.2.1. Mostreig de la població

L'elecció del mostreig ha sigut determinada per les característiques de la lesió i de la població, del tema a estudiar i del disseny de l'estudi.

El mostreig més òptim per l'estudi serà un disseny no probabilístic, és a dir, amb una metodologia on no intervé l'atzar. Aquest serà el mostreig consecutiu, el qual consisteix en reclutar a tots els individus de la població accessible que compleixin els criteris de selecció durant el període de reclutament (45).

El període de reclutament constarà de vuit mesos consecutius, ja que els períodes curts no reflecteixen fluctuacions estacionals, podent arribar a esbiaixar la intervenció. La interrupció durant el mostreig també és un dels errors més rellevants a evitar, pel que el període serà continu. Aquest depèn de la grandària de la mostra desitjada i el número de subjectes que es pot reclutar al dia (45).

4.2.2. Mostra

Per l'estimació de la grandària de la mostra es farà ús de la Calculadora de Grandària Mostral GRANMO – IMIM. El càlcul de la mostra estarà basat en l'estudi de Swanik et al., (2007) (18), que assumeixen un valor inferior a 0,545 ms en el temps de reacció del test ImPACT suficient per considerar-ho clínicament rellevant.

Es calcularà la mostra acceptant un error alfa de 0,05 i un error beta de 0,2 i assumint un 15% de pèrdues.

4.2.3. Criteris d'inclusió

- Ruptura completa del LCA confirmada durant la reconstrucció quirúrgica (6,27).
- Derivat a rehabilitació hospitalària per realitzar el tractament amb una edat entre 18 – 40 anys.
- Practicar de forma amateur o semi professional algun esport (2 dies per setmana durant 1,5 h o més).
- Tenir la intenció de retornar a la competició.
- Firmar el consentiment informat.

4.2.4. Criteris d'exclusió

- Lesions associades de cartílag, menisc, lligamentosa o òssia (6,18,27).
- Ingesta periòdica de medicació moduladora del dolor (18,27).
- Història prèvia d'intervenció quirúrgica per una lesió en l'extremitat inferior en els últims dos anys (6,24).
- Lesions prèvies del LCA (6,18,24).

- Lesions traumàtiques al cap (Contusions) en l'últim any (18).
- Trastorns neurològics (18,37,41).

El compliment dels criteris de selecció estarà supervisat pel traumatòleg durant la intervenció quirúrgica i posteriorment amb l'historial mèdic, i per l'investigador principal en la primera visita en l'hospital, on a més s'aprofitarà per informar de l'estudi i facilitar el consentiment informat.

4.2.5. Aleatorització

En l'estudi s'utilitzarà una tècnica d'aleatorització de la mostra simple. L'estadístic generarà una seqüència d'assignació aleatòria utilitzant el programa STATS® (46,47) i mantindrà les assignacions de l'estudi en l'ordinador, sense ser accessible a la resta de persones involucrades en l'estudi fins al final d'aquest.

L'aleatorització es realitzarà per evitar els biaixos de selecció, dur a terme l'anàlisi estadístic vàlid i permetrà dividir la mostra en dos grups amb característiques similars, tenint les mateixes possibilitats de realitzar el tractament experimental. Per assegurar-se que ambdós grups (experimental i control) són heterogenis, es recolliran les dades sociodemogràfiques ([Annex 1](#)) (18,41).

Durant la primera visita amb l'investigador principal, s'obtindrà el consentiment informat signat i les dades necessàries per l'estudi. Amb aquest com a testimoni, es realitzarà l'assignació del grup mitjançant el programa STATS®. Aquest generarà una seqüència aleatòria de respostes amb els números 1 i 2, dels quals els subjectes d'estudi no sabran l'equivalència al grup. L'únic coneixedor d'aquesta serà l'investigador principal i l'extern, que haurà generat l'assignació aleatòria.

Realitzada l'assignació de grup, l'investigador principal serà l'encarregat d'informar el pacient de la data d'inici del tractament, la localització i el fisioterapeuta corresponent en funció del resultat de l'aleatorització.

Per cada grup, es disposarà de dos fisioterapeutes, els quals romandran cegats igual que els subjectes de l'estudi, perquè són desconexors del grup al qual pertanyen, encara que poden ser conscients de la diferència en les intervencions. És a dir, no seran coneixedors de quin és el grup control i quin és el grup experimental, però cada fisioterapeuta sabrà el tipus de tractament

que ha de realitzar. Els examinadors, són persones externes a l'estudi, que també romandran totalment cegats.

4.3. Variables de l'estudi

La variable principal és:

- Capacitat neurocognitiva.

Les variables secundàries són:

- Control motor.
- Percepció subjectiva.
- Satisfacció del tractament.

Hi haurà dues avaluacions de les variables. La primera amb l'investigador principal on es valorarà si compleix els criteris de selecció i la percepció subjectiva del pacient previ a la intervenció. La segona avaluació, es produirà un cop el pacient rebi l'alta mèdica, valorant la capacitat neurocognitiva, el control motor, la percepció subjectiva i el grau de satisfacció del tractament. Les variables seran mesurades a tots els participants de l'estudi.

4.3.1. Capacitat Neurocognitiva

La capacitat neurocognitiva ha sigut molt estudiada en lesions traumàtiques al cap conegudes com a contusions, que es donen especialment en el futbol americà. L'eina per mesurar-la de forma objectiva és la bateria de tests ImPACT, amb una moderada - elevada fiabilitat i validesa (ICC: 0,79 – 0,86; $r = 0,29 - 0,89$) per detectar dèficits en els temps de reacció, en la velocitat de processament, en la memòria visual i verbal i en la concentració (33,48). La sensibilitat de la prova és de 81,9% mentre que l'especificitat és de 89,4% (48). És un software d'ordinador que permet valorar aspectes com processament d'informació visual i de memòria, temps de reacció tant visual com de memòria, així com l'atenció i reconeixement de símbols o colors. Previ a la prova es facilitarà un intent de pràctica per assegurar-se de l'enteniment de les proves (18,33,48–50).

Els dèficits a nivell cortical són un indicador de la disminució de la capacitat de control neuromuscular, i per tant un predictor de lesions sense contacte (18,33,48). La lesió del LCA sense contacte es produeix en esportistes amb temps de reacció més elevats i velocitat de processament d'informació més lenta, a més d'una disminució de la memòria visual i verbal,

resultant errors en la coordinació i control neuromuscular. Per tant, mitjançant el test ImPACT es pot obtenir mesures d'aquests factors rellevants en la lesió (18,33).

Els tests de la bateria ImPACT requereixen entre 500 – 600ms per generar la resposta correcta (18). A partir d'aquests valors s'ha estudiat la relació del temps de reacció amb el risc de lesió, associant els temps superiors a 545ms com a predictor de lesions en l'extremitat inferior (18,33). El ràpid processament d'informació i temps de reacció permet generar respostes musculars adients als estímuls externs, per tant l'objectiu del SVT és aconseguir valors inferiors a 545ms en quant al temps de reacció al ImPACT (18,33).

4.3.2. Control Motor

Per valorar la variable del control motor s'utilitzen dues proves: el Star Excursion Balance Test (SEBT) i el Tuck Jump Test.

Un dels majors riscos descrits en la literatura científica és el valg dinàmic de genoll, associats directament amb les lesions de LCA amb una elevada sensibilitat i especificitat (51). La gran majoria de tests es centren en valors mesurables com distàncies, temps, moments de força, etc. Pocs són els que valoren la qualitat del moviment durant l'avaluació, sent un factor important a tenir present, ja que s'ha demostrat que les males mecàniques de moviment predisposen a les compensacions funcionals que deriven en lesions (52,53).

4.3.2.1. *Star Excursion Balance Test*

El SEBT (**Figura 2**) consisteix en mantenir l'estabilitat sobre una extremitat mentre que l'altre es mou en tres direccions marcades amb línies: anterior, postero – medial i postero – lateral (54–56).

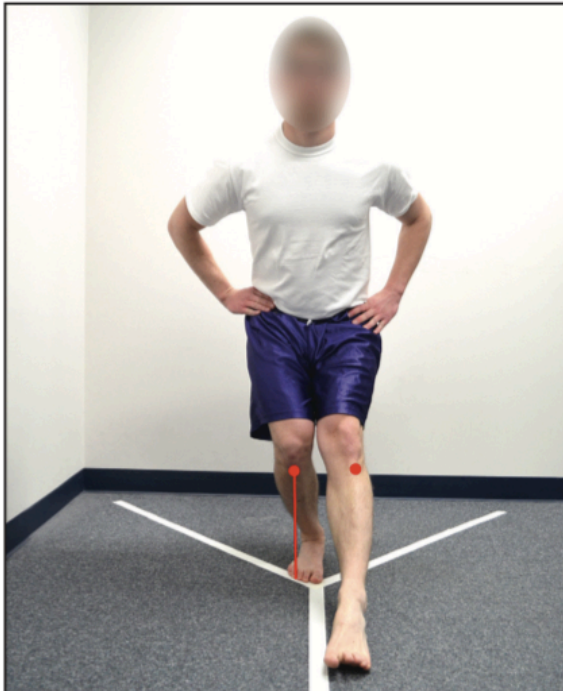


Figura 2: SEBT extret de Ness et al. (56)

L'execució requereix una estabilització del centre de masses durant els moviments de l'extremitat contrària, permetent estimular i valorar el control motor i l'estabilitat dinàmica proporcionada pel sistema somat sensorial amb una elevada sensibilitat i especificitat (54–56).

És fiable i vàlid (ICC: 0,86 – 0,92; $r = 0,89 - 0,94$) per mesurar els dèficits de control postural dinàmics en pacients que presenten deficiència en el LCA, observant-se com subjectes amb dèficits presenten valors més baixos en comparació a la població sana (54).

Totes les proves es realitzen descalçat situant el taló en la intersecció de les tres línies, amb la indicació d'arribar el més lluny possible en cada una de les direccions sense recolzar el pes en l'extremitat mòbil ni aixecar el taló de la cama recolzada, recuperant posteriorment la posició inicial. Es mesura la distància en cada direcció i aquest procediment es repeteix 3 cops de forma consecutiva, permetent un descans de 30 segons. Referent als estudis previs l'escalfament consistirà en 5 minuts de cicloergometre a 50 watts, i una fase de familiarització on es podrà executar les prova 4 cops amb un descans de 5' previ al test (54,56–58).

Previ a l'execució es mesurarà la longitud de les extremitats mitjançant una cinta mètrica, en posició de descàrrega o decúbit supí, des del mal·lèol extern fins a l'espina ilíaca anterior superior. La distància obtinguda s'expressarà en relació al percentatge de la longitud de l'extremitat, considerant-se valors inferiors al 94% en la direcció anterior indicadors de risc de lesió. La diferència mínima detectable entre extremitats és de 5,93 cm o 7,47% en direcció anterior, de 7,08 cm o 8,74% en direcció postero medial i de 8,36 cm o 11,16% en direcció postero lateral. En cas que l'examinador consideri que ha recolzat l'extremitat substancial o hi ha un desplaçament del recolzament, s'haurà de repetir l'intent (54,56–58).

4.3.2.2. Tuck Jump Test

El Tuck Jump Test (**Figura 3**) mesura les compensacions neuromusculars que predisposen a l'esportista a patir una ruptura del LCA amb una fiabilitat i validesa excel·lent (ICC:0,94; $r = 0,88 - 0,97$) (53). Els aspectes que valora fan referència a l'estabilització i control al pla frontal, la predominança dels quàdriceps sobre els isqui tibials per estabilitzar el genoll, la força, coordinació i equilibri sobre l'extremitat dominant, i finalment l'estabilitat del tronc (52,53).

És una eina barata i de ràpida utilització, considerant-la més vàlida que d'altres com l'esquat sobre una extremitat o l'amortiment de salt des de l'altura ("Drop Jump"). Ho argumenten a partir que en el Tuck Jump s'avalua la tècnica d'amortiment durant una activitat pliomètrica repetida, requerint una gran habilitat per absorbir i produir força en condicions de fatiga (52,53).



Figura 3: Tuck Jump Test extret de Fort-Vanmeerhaeghe et al. (51)

El Tuck Jump Test consisteix en realitzar els màxims salts i a màxima altura, aixecant els genolls fins a l'altura del maluc durant 10 segons. S'avaluen 10 ítems relacionats amb els desequilibris neuromusculars de les lesions del LCA. Els ítems presenten els valors de 0, si no presenta el criteri durant l'execució, 1 si presenta el criteri durant una o dues repeticions i 2 si el criteri es repeteix en tres o més repeticions ([Annex 2](#)) (52,53).

En l'execució s'ha de marcar un rectangle a terra per realitzar el test, amb una longitud de 41 x 35 cm. Les instruccions que es donaran als pacients seran realitzar els màxims de salts possibles portant els genolls fins a l'altura del maluc, i recolzant els peus sobre el rectangle, acompanyat d'una demostració visual per part de l'examinador. Es permetran entre tres i cinc intents de pràctica per assegurar-se de la comprensió de la prova. Al senyal de l'examinador s'iniciarà la prova amb una durada de 10 segons (52,53).

L'anàlisi de vídeo es realitzarà des del pla frontal i sagital simultàniament, requerint dues càmeres amb gravació a 120 frames per segon situades a 78 cm d'altura i a 310 cm de distància,

mitjançant dos Ipad's amb trípode calibrat. Els pacients estaran obligats a portar roba esportiva de màniga curta per poder visualitzar les estructures a analitzar (52,53).

Els vídeos seran analitzats pels examinadors mitjançant el QuickTime 7.7.9 de Windows o Apple Inc, permetent la visualització a càmera lenta. Una puntuació superior a 5 suposa un increment del risc de lesió del LCA (52,53).

4.3.3. Percepció subjectiva

La percepció subjectiva del genoll és una informació rellevant sobre l'impacte que ha produït el trastorn de la lesió a l'esportista. Una de les mesures utilitzades és el Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) ([Annex 3](#)), el qual es va crear per persones amb problemes de genoll per valorar la simptomatologia i funcionalitat tant a curt com a llarg termini (59–61).

El KOOS és un qüestionari auto administrat, amb una durada aproximada de 10 minuts. En aquest es valoren diferents factors com el dolor, la funcionalitat i la qualitat de vida en relació a l'articulació del genoll (59–61).

La versió llarga consta de 42 ítems. Cada ítem presenta cinc possibles respostes des del 0 (no tinc problema) fins al 4 (tinc problemes greus). La suma de tots els ítems es transformada a una escala del 0 al 100, on el zero representa problemes extrems del genoll i el cent cap tipus de problema. La diferència mínima clínicament significativa és de 8% en l'escala final del KOOS, presentant valors de fiabilitat i validesa elevats (59,61–63).

El KOOS està traduït i validat en diferents idiomes, demostrant-se com en la llengua castellana també és una eina vàlida i fiable (ICC: 0,85 – 0,99; $r = 0,90 - 0,93$) (59,60). Molts autors suggereixen la combinació d'aquesta mesura subjectiva amb d'altres funcionals objectivables com a criteri pel retorn a l'esport (5,64).

Els qüestionaris es subministraran a l'inici de la intervenció i al final amb la finalitat de valorar l'evolució subjectiva del pacient i la relació d'aquesta percepció amb el SVT.

4.3.4. Satisfacció del tractament

L'última variable és la satisfacció del tractament. Aquesta es valorarà un cop acaba la intervenció mitjançant l'Escala Visual Analògica (EVA). S'utilitzarà una línia horitzontal de 10 centímetres amb línies verticals en cada centímetre, en les quals s'indica el valor 0 en

l'extrem esquerre i el valor 10 en l'altre extrem. Es demanarà als pacients que col·loquin una creu entre els dos extrems, en relació a la seva satisfacció amb el tractament rebut, equivalent el valor de 10 a la màxima satisfacció i el valor de 0 a la insatisfacció màxima (65,66).

Seguint la puntuació d'estudis previs on s'utilitza l'EVA com a mesura del grau de satisfacció en RLCA, es consideraran pacients altament satisfets aquells que presenten una puntuació superior a 8, moderadament satisfets amb una puntuació d'entre 5 i 8, i insatisfets els que es trobin per sota de 5 (65).

4.4. Maneig de la informació i recollida de dades

En la visita amb l'investigador principal, s'avaluaran els criteris de selecció, es recollirà el consentiment informat signat, el qüestionari de percepció subjectiva complet i es realitzarà l'aleatorització del pacient mitjançant el programa STATS®.

L'investigador serà l'encarregat de concertar la localització, data i hora de la primera sessió de fisioteràpia en rehabilitació hospitalària, assignant al professional corresponent.

Un cop el traumatòleg hagi donat l'alta mèdica es realitzaran les mesures de les variables de la capacitat neurocognitiva, del control motor, de la percepció subjectiva i del grau de satisfacció del tractament. Totes les proves estaran a càrrec de dos professionals externs a l'estudi (Examinadors), els quals hauran estat entrenats prèviament i hauran superat de forma significativa una prova pilot per avaluar la variabilitat de mesura entre subjectes i examinadors. Els examinadors utilitzaran una fulla estandarditzada de registre de resultats per realitzar la recollida d'aquests, sent la mateixa amb la qual hauran superat la prova pilot ([Annex 4](#)).

Totes les proves es realitzaran dins la mateixa sala. Aquesta disposarà de tot el material per realitzar la valoració, que es durà a terme amb el següent ordre: capacitat neurocognitiva mitjançant software ImPACT, el SEBT, el Tuck Jump, el KOOS i el grau de satisfacció del tractament mitjançant l'EVA.

Els examinadors seran els encarregats d'explicar les proves i assegurar-se del seu enteniment previ a l'execució. També hauran de recollir els resultats en el fulla de Registre de Resultats i enviar-los directament a l'estadístic de l'estudi.

La durada aproximada de tota la valoració serà de 30 minuts per pacient. Les dades recollides hauran de documentar-se de forma anònima i dissociada, vinculades a les inicials del pacient, de forma que tan sols l'investigador principal pugui identificar els participants.

4.5. Generalització i aplicabilitat

Els resultats esperats en l'estudi són una millora de la capacitat neurocognitiva després de la intervenció amb el SVT en pacients amb una reconstrucció del LCA. Un increment de la capacitat neurocognitiva pot estar correlacionat amb l'increment del control motor en l'articulació del genoll. Després de la rehabilitació, recuperació o tornada a l'esport els dèficits del control motor o també conegut com a control neuromuscular persisteixen, sent la causa primària de les recaigudes. Per tant, s'espera que l'aplicació del SVT durant la rehabilitació del LCA disminueixi o dissipi els problemes residuals posteriors al tractament, reduint l'índex de recaigudes, permetent el retorn a l'esport de forma segura i allargada en el temps, acompanyat d'una millora en la qualitat de vida.

En cas d'evidenciar l'esperat, el SVT és una eina senzilla d'aplicar i de gran utilitat en la rehabilitació hospitalària per millorar els tractaments i els resultats d'aquests, suposant un cost no molt elevat a l'altura de qualsevol hospital.

4.6. Anàlisi estadístic

L'anàlisi estadístic es realitzarà amb el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Per l'anàlisi univariant, totes les variables de l'estudi són quantitatives contínues, i es descriuran mitjançant mesures de tendència central (moda, mitja aritmètica i mitjana), mesures de posició (quartil i percentil), mesures de dispersió (amplitud, rang inter quartil, variància i desviació estàndard) i mesures de forma (distribució normal, asimetria i apuntament). Les representacions gràfiques en aquest cas seran mitjançant histogrames i polígons de freqüència (45).

Per l'anàlisi bivariant i les diferències entre grups es realitzaran amb la T-Student o la Mann-Whitney Test en cas d'assumir una distribució no normal (67). Per la variable de percepció subjectiva es realitzarà una prova ANOVA o Kruskal-Wallis en cas d'assumir una distribució no normal, amb la finalitat de comparar les mitjanes obtingudes en diferents moments de temps. En la inferència estadística, es suposarà un interval de confiança del 95%, amb un error alfa de 0,05, amb un poder estadístic de 0,8 i assumint un 20% de les pèrdues.

4.7. Intervenció

La intervenció consistirà en la introducció del SVT en la rehabilitació hospitalària de Lleida després de la RLCA. En les guies de pràctica clínica basades en l'evidència, es recomana l'entrenament neuromuscular amb la finalitat de reduir els factors de risc associats a la lesió. En aquest tipus d'entrenament es pot incorporar de forma senzilla el SVT, mitjançant la introducció de les ulleres estroboscòpiques durant la realització dels exercicis de força, estabilitat i pliometria (3,10,11,16).

Les ulleres estroboscòpiques utilitzades en la intervenció seran les Nike Vapor Strobe Glasses (NVSG), també emprades en estudis previs (36,38,68). Estan formades per una lent de plàstic amb una pantalla de vidre líquida, alternant els estats d'opacitat i transparència, podent-se regular els temps i freqüència. Presenta vuit nivells diferents, entre els quals varia el temps d'opacitat i es manté constantment els intervals de transparència durant 100ms. En el primer nivell es produeixen els canvis a major velocitat amb intervals de 25ms d'opacitat i el vuitè és el més lent, sotmetent a majors temps d'opacitat al subjecte (900ms) (16,36,38,39,68).

Taula 1: Nivells d'intensitat de les NVSG extret de Wilkins et al (39)"

Nivell	Temps de Visió (ms)	Temps sense visió (ms)
1	100	25
2	100	43
3	100	67
4	100	100
5	100	150
6	100	233
7	100	400
8	100	900

La intervenció s'iniciarà quan el pacient compleixi els següents criteris funcionals: absència de dolor, inflamació o tumefacció en l'articulació, mobilitat lliure de la ròtula, recuperació del rang actiu complet d'extensió i 110 graus de flexió, patró de la marxa reeducat i suficient capacitat contràctil del quàdriceps i isqui tibials per realitzar un quart d'esquat de 0 a 30 graus. (5,69,70).

Els quatre fisioterapeutes que intervenen en l'estudi, hauran estat formats prèviament per l'investigador principal en l'última evidència científica de l'entrenament neuromuscular en les RLCA, amb l'objectiu de garantir el millor tractament dels pacients i evitar una mala praxi que podria esbiaixar els resultats de l'estudi. A més, presentaran l'obligació de registrar de forma escrita a l'ordinador totes les sessions realitzades així com les que han fallat amb el motiu pertinent de cada participant.

La mostra de l'estudi es dividirà en dos grups: el grup control i el grup experimental. Ambdós grups realitzaran el tractament basat en l'última evidència científica amb els fisioterapeutes de rehabilitació hospitalària. Els dos grups utilitzaran les NVSG durant l'estudi amb la finalitat de mantenir la motivació, el cegament dels pacients i fisioterapeutes, i tindre un grup control potent i consistent.

Per evitar el biaix de contaminació, els tractaments es realitzaran en diferents sales condicionades de l'hospital, amb la finalitat de que no coincideixin dos o més participants d'ambdós grups i de forma simultània.

4.7.1. Grup experimental

El participants del grup experimental seran assignats a dos fisioterapeutes diferents del grup control, i que tan sols s'encarregaran d'aquest. Durant el tractament del grup experimental s'incrementarà de forma progressiva la intensitat de les ulleres, amb l'objectiu de modificar i variar les dificultats cognitives, a més d'evitar adaptacions degut a la monotonia. Com a màxim, es podrà assolir el nivell 6 d'intensitat, ja que una excessiva demanda neurocognitiva pot suposar un increment del risc de lesió (16). Mitjançant el software informàtic, es configurarà el bloqueig de qualsevol intensitat superior a 6, sense poder accedir-hi de forma voluntari ni involuntària. La progressió de la intensitat estarà determinada per la dificultat de la tasca i serà regulat directament pels fisioterapeutes encarregats del grup experimental.

Les NVSG s'introduiran només durant les tasques neuromusculars en la rehabilitació de la RLCA, les quals presenten una durada d'entre 20 – 30 minuts aproximadament per sessió. La incorporació de les NVSG en aquest tipus d'entrenament permet imitar les demandes neurocognitives dels entorns complexes i dinàmics esportius, requerint una major utilització del sistema somat sensorial com a conseqüència de la interrupció del feedback visual, creant adaptacions al control sensoriomotriu (16,17).

Les guies de pràctica clínica recomanen introduir l'entrenament neuromuscular, el qual és definit com el que estimula les respostes motores inconscients a partir del processament d'informació de les senyals aferents i dels mecanismes centrals encarregats de regular el control dinàmic del genoll. L'objectiu d'aquest entrenament és produir canvis a nivell del SNC perquè els patrons d'activació siguin els adequats per estabilitzar l'articulació (3).

La variabilitat del tractament és un requisit en qualsevol patologia i pacient, havent de ser individualitzat en funció de les necessitats. Per aquest motiu, tan sols hi ha unes recomanacions estandarditzades bàsiques del tractament, a partir de les quals es permet la variabilitat i especificitat.

Durant les primeres 6 setmanes, tan sols s'utilitzaran exercicis en cadena cinètica tancada, ja que aquests produeixen menys dolor i presenten menys risc d'incrementar la laxitud. A partir de la 4a setmana s'incorporaran els exercicis en cadena cinètica oberta en un rang de moviment limitat entre els 45 i 90 graus. Respecte a la musculatura isqui tibial no es podrà incorporar resistència externa fins a la dotzena setmana per prevenir l'elongació de la plàstia (3,69–71).

El rang de moviment s'incrementarà a partir de la cinquena setmana de 30 a 90 graus, i a partir d'aquest moment cada setmana s'haurà d'incrementar 10 graus fins a arribar al rang de moviment complet al cap de les 8 setmanes. Aquesta progressió és orientativa, ja que sempre es tindrà en conta la resposta del genoll a l'exercici en quant a dolor, inflamació o tumefacció (3,69,70)

Referent al tipus de contracció, és segur treballar de forma excèntrica en cadena cinètica tancada a partir de les 3 setmanes de la reconstrucció, creant majors adaptacions de força en comparació a l'entrenament concèntric (3,69,70).

A partir de la vuitena setmana, en funció de la progressió de cada pacient, es començarà a treballar mitjançant exercicis neuromusculars més funcionals de força, estabilitat i propiocepció, realitzant una progressió en quant a intensitat, volum i complexitat en funció del rendiment individual. Hi ha un predomini de tasques oculo motores, dobles tasques i de memòria per emfatitzar més sobre la capacitat neurocognitiva (3,16,69,70,72,73).

L'aplicació del SVT es mantindrà fins a les fases finals del tractament, tenint una durada total aproximada de 3 – 4 mesos en funció de l'evolució del pacient. En les tasques neuromusculars

més avançades es prioritzaran les accions no anticipades i d'alta intensitat, com els CdDs o els amortiments de salts, per afavorir les adaptacions neurocognitives (3,16,27,69,70,72,73).

4.7.2. Grup control

El grup control estarà assignat a uns altres dos fisioterapeutes encarregats explícitament d'aquest grup. Aquests mantindran durant tot el tractament la intensitat de les ulleres al nivell 1 (100:25 ms), el qual ha demostrat no limitar la visió ni crear adaptacions en la plasticitat del cervell (36,39). Els fisioterapeutes disposaran de dues ulleres bloquejades mitjançant el software al primer nivell, per evitar qualsevol possibilitat de modificació voluntària o involuntària.



El grup control realitzarà la mateixa intervenció que el grup experimental en quant a l'entrenament neuromuscular, seguint les mateixes directrius generals del tractament. Per tant, la diferència entre ambdós grups serà la utilització de les ulleres estroboscòpiques, que el control no la podrà modificar i serà estandarditzada, i el grup experimental incrementarà els nivells.

Els dos grups realitzaran el mateix protocol d'escalfament i familiarització amb l'efecte visual de les NVSG al nivell 1 en cada sessió, durant el qual es recomana realitzar exercicis de baixa intensitat d'estabilitat, de força i estabilització centrats en el raquis i exercicis d'extremitat superior com llançaments de pilota, previs a l'inici de les tasques més complexes (16,36).

5. Calendari

El calendari previst per l'estudi presenta diferents etapes o fases, on en cada una es porta a terme diferents tasques (74).

Taula 2: Calendari (74)

	Període de l'estudi					
	Reclutament	Assignació	Post – Assignació			Clausura
Moment	Nov 2019 – Maig 2020	Nov 2019 – Maig 2020	Post assignació	+ 3 mesos	Alta mèdica	Des 2020
Reclutament:	X					
Criteris de selecció	X					
Consentiment informat		X				
Assignació		X				
INTERVENCIONS:						
<i>Grup experimental</i>						
<i>Grup control</i>						
AVALUACIONS:						
<i>Capacitat Neurocognitiva</i>					X	
<i>Control motor</i>					X	
<i>Percepció subjectiva</i>		X			X	
<i>Grau de satisfacció</i>					X	
Anàlisis, resultats i conclusions						X

6. Limitacions i possibles biaixos

La primera limitació de l'estudi és haver realitzat un mostreig on no intervé l'atzar. Aquest no ha sigut possible degut als criteris de selecció i al període de reclutament per obtenir una mostra significativa.

Referent a les variables, no ha sigut possible incorporar un el Four Clinical Neurocognition Single Hop Test. Aquest test permet valorar la capacitat neurocognitiva mesurant la velocitat de reacció, la capacitat funcional i el control motor mitjançant la mesura de la distància o temps d'execució (9).

L'únic estudi sobre aquesta prova valora la fiabilitat i validesa, considerant-se excel·lent (9). Així i tot, encara no s'ha estudiat les diferències mínimes o la línia de tall per determinar si els resultats són significatius, considerant-se pels propis autors com a futures línies d'investigació. És una eina innovadora, podent ser útil per valorar els canvis en la neuroplasticitat després d'una reconstrucció del LCA, i per tant ser un criteri obligatori per retornar a l'esport.

7.1. Futures línies d'investigació

En cas de confirmar-se la hipòtesis i obtenir resultats significatius, s'ha de valorar la idea d'investigar la dosi i forma d'aplicació òptima de les ulleres estroboscòpiques per crear les millors adaptacions possibles en la neuroplasticitat. Un cop estudiat, la següent línia d'investigació seria elaborar una guia de pràctica clínica sobre la utilització de les ulleres.

D'altres línies d'investigació corresponen amb les eines de mesura de les variables, és a dir, elaborar o crear més proves que permetin avaluar la capacitat neurocognitiva i el control motor de forma simultània.

Finalment, la última línia futura d'investigació és crear més proves per valorar el control motor mitjançant la qualitat de moviment, obtenint valors qualitius sobre les mecàniques d'accions esportives considerades de major risc, com el CdD o els salts (3,64).

7. Problemes Ètics

Els subjectes estaran sotmesos a un protocol experimental havent de signar el consentiment informat ([Annex 5](#)) previ a la recollida de dades, aprovat pel Comitè Ètic d'Investigació Clínica d'acord amb la Declaració de Hèlsinki. També es compleix la Llei Orgànica 3/2018, del 5 de Desembre, de protecció de dades de caràcter personal i garantia dels drets digitals (74,75).

Per aquesta Declaració, tots els participants hauran de signar el consentiment informat previ a la recollida de dades, de forma escrita. La signatura és voluntària i l'objectiu del document és informar als participants sobre l'estudi, garantir la confidencialitat d'identitats i sobretot, negar el conflicte d'interessos dels investigadors. Conjuntament amb el consentiment informat es lliura el Full d'informació pels participants del Projecte d'Investigació ([Annex 6](#)), on s'explica l'objectiu, metodologia, durada, beneficis, risc i incomoditats i el maneig d'informació.

Tota informació relacionada amb l'estudi (dades dels participants, informes i recollida de dades) s'emmagatzemaran de forma segura, permetent accedir aquests tan sols l'investigador principal i l'estadístic de l'estudi (74,75).

8. Organització de l'estudi

8.1. Investigador principal

L'investigador principal de l'estudi és Xavier Calvo, encarregat de dissenyar la metodologia de l'estudi en funció dels objectius, així com l'organització i seguiment. Serà l'encarregat d'explicar l'estudi i resoldre dubtes als pacients, recollir el consentiment informat signat, facilitar el qüestionari KOOS inicial, presenciar l'aleatorització dels grups i derivar al grup de fisioterapeutes pertinent, tot en una sala condicionada de l'hospital. A més, també serà l'encarregat de realitzar la formació als Fisioterapeutes sobre l'última evidència científica en el tractament de la RLCA en la sala de fisioteràpia i als Examinadors externs sobre les diferents eines d'avaluació de variables, crear el full estandarditzat de registre de resultats i realitzar una prova pilot als examinadors.

8.2. Fisioterapeutes

Hi hauran 4 fisioterapeutes dividits en 2 grups, dels quals seran desconexors al que corresponen. Previ a l'estudi se'ls formarà per garantir el millor tractament i evitar biaixos. No tindran accés a la informació de l'estudi, simplement al tipus d'intervenció que han de realitzar: els fisioterapeutes 1 (TC) i 2 (FB) es faran càrrec d'unes ulleres bloquejades al nivell 1 mitjançant el software i per tant no es podran modificar els nivells de dificultat, i els d'altres fisioterapeutes 3 (JD) i 4 (MC) es faran càrrec d'ulleres que es podran modificar la intensitat fins al nivell 6. Totes les sessions de rehabilitació es realitzaran a rehabilitació hospitalària, on disposaran de 4 exemplars de NVSG facilitats per l'investigador, i de dos espais independents i condicionats per realitzar les intervencions corresponents d'ambdós grups.

8.3. Traumatòlegs

Els traumatòlegs seran els encarregats de proposar la participació en l'estudi i derivar a l'investigador principal. A més, també seran els que determinaran la finalització de la intervenció un cop es doni l'alta mèdica al pacient.

8.4. Examinadors

Els examinadors (MB i MS) seran dos professionals externs a l'estudi que hauran estat formats, entrenats i avaluats mitjançant una prova pilot. Aquests seran desconexors de l'estudi, amb l'objectiu de registrar els resultats i garantir una correcta execució de la bateria de tests ImPACT, el Tuck Jump Tests i el SEBT, recollir el qüestionari KOOS final, el grau de

satisfacció del pacient i compartir el registre de resultats amb el matemàtic especialitzat en estadística. Totes les proves es duran a terme en una sala condicionada de rehabilitació hospitalària.

8.5. Estadístic

El matemàtic especialitzat en estadística (AM) serà l'encarregat de realitzar l'anàlisi estadístic i determinar la significança dels resultats, els quals seran transmesos de forma directa i personal a l'investigador principal.

A continuació, l'arbre de l'organització de l'estudi.

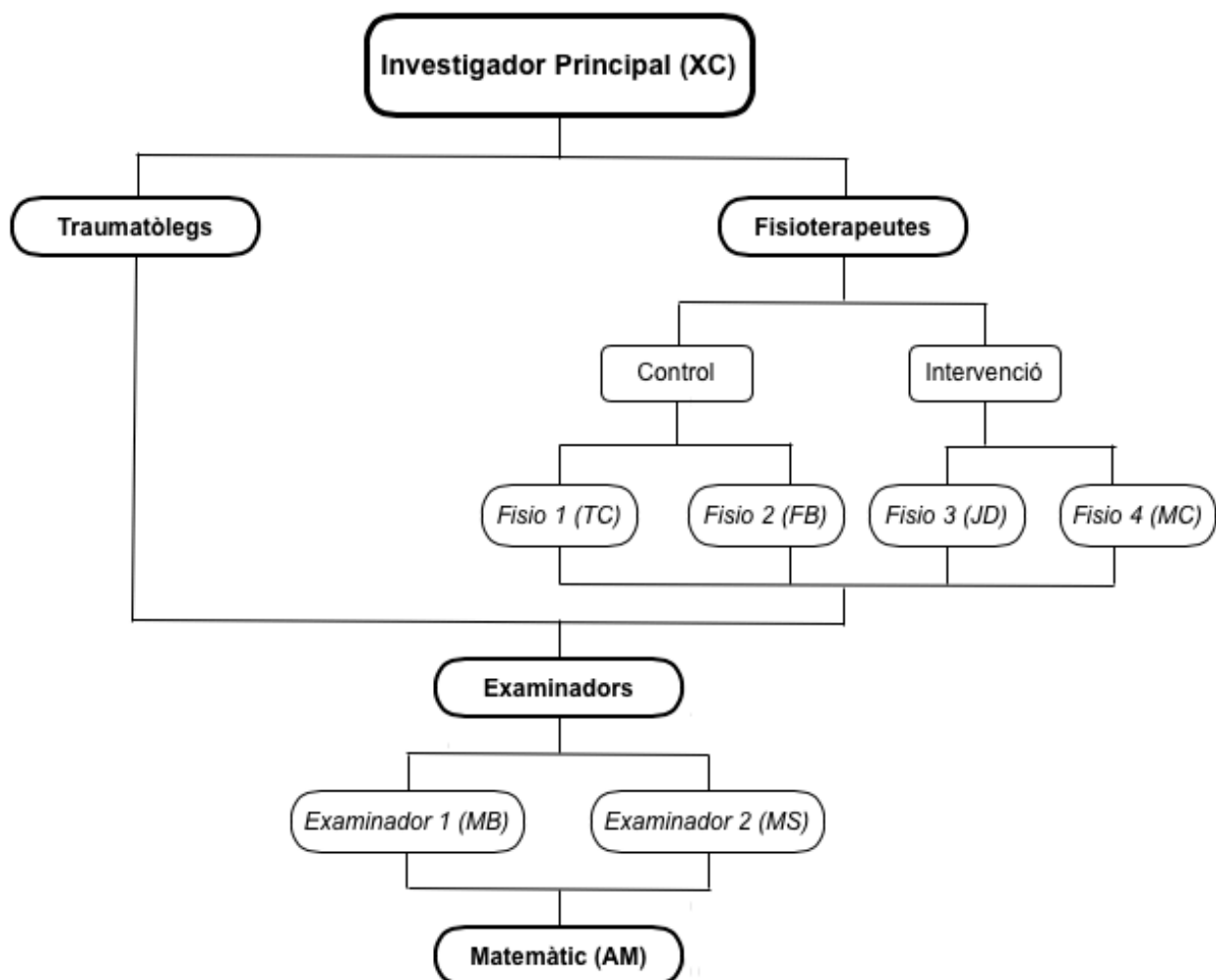


Figura 4: Arbre d'organització

8.6. Registre de dades i preservació de documents

El registre de dades es realitzarà de forma anònima mitjançant les inicials del pacient, sent l'investigador principal l'únic capaç d'associar les dades amb els pacients. Un cop s'obtinguin

els resultats, aquests seran discutits i s'obtindran unes conclusions referent a la hipòtesi i objectiu de l'assaig clínic.

Els documents originals de cada pacient (informació o historial mèdic, dades demogràfiques, consentiment informat) estaran en possessió de l'investigador principal. Al firmar el protocol, s'està d'acord en seguir tots els procediments per la conservació dels documents segons la Llei Orgànica 3/2018, del 5 de Desembre, de protecció de dades de caràcter personal i garantia dels drets digitals.

9. Pressupost

A continuació adjunt la taula amb el material pertinent de la intervenció, els recursos humans i el preu aproximat.

Taula 3: Pressupost

Material	Quantitat	Preu (€)
Nike Vapor Strobe Glasses	4	2.400
ImPACT	1	1.300
Ipad	3	1.320
Trípode	3	90
SPSS Statistics	1	96
Recursos Humans	-	2.000
Despeses de l'estudi	-	500
Total		7.706

Per realitzar la intervenció es requerirà de 4 exemplars d'ulleres estroboscòpies NVSG. Cada grup li pertanyeran dos exemplars, en cas de coincidir dos participants durant la mateixa hora o en cas de trencar-se algun exemplar. S'han elegit les NSVG perquè són les úniques que estan disponibles al mercat.

El Software ImPACT és de pagament i ofereixen diferents quotes (<https://impactconcussion.com>). Per l'estudi, s'obtindrà la que permet realitzar fins a 1000 valoracions durant l'any, tenint en conta les proves pilot prèvies a l'estudi i l'avaluació de la intervenció en els participants.

Per mesurar la variable del control motor es realitzarà el Tuck Jump Test. Aquest requereix d'un registre de vídeo a càmera lenta (120 frames), mitjançant dues càmeres diferents. Els

Ipad's són dispositius que compleixen amb les característiques requerides per registrar la gravació, a més de ser molt manejables i polivalents. Per tant, es disposarà de dos dispositius per la gravació de la prova, i l'altre pel registre de totes les valoracions. Aquests es compraran a la pàgina oficial de Apple (<https://www.apple.com/es>).

Per cada Ipad es requerirà d'un tríode calibrat per garantir una correcta gravació, havent d'adquirir 3 tríodes disponibles a Amazon (<https://www.amazon.com>).

L'anàlisi estadístic es realitzarà mitjançant el software SPSS Statistics. Es pagarà la subscripció del primer mes, en el moment que s'iniciï l'anàlisi.

Referent als recursos humans, hi haurà recompensacions econòmiques per l'estadístic (500€) i els dos examinadors (750€/persona), per les molèsties causades i la seva implicació en l'estudi.

Finalment, s'afegirà un pressupost de 500€ pels recursos tangibles que requereixin durant la intervenció.

10. Bibliografia

1. Waldén M, Krosshaug T, Bjørneboe J, Andersen T, Faul O, Häggglund M. Three distinct mechanisms predominate in non- contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players : a systematic video analysis of 39 cases. *Br J Sports Med.* 2015;49(22):1452–60.
2. Pfeifer C, Beattie P, Sacko R, Hand A. Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(4):575–87.
3. Van Melick N, Cingel R, Brooijmans F, Neeter C, Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update : practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med.* 2016;50(24):1506–15.
4. Wetters N, Weber A, Wuerz T, Schub D. Mechanism of injury and risk factors anterior cruciate ligament injury. *Oper Tech Sports Med.* 2016;24(1):2–6.
5. Webster K, Feller J. Return to Level I Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Evaluation of Age , Sex , and Readiness to Return Criteria. *Orthop J Sport Med.* 2018;6(8):1–6.
6. Giesche F, Engeroff T, Wilke J, Niederer D, Vogt L. Neurophysiological correlates of motor planning and movement initiation in ACL-reconstructed individuals : a case – control study. *BMJ Open.* 2018;8(9):1–9.
7. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med.* 2005;39(6):324–9.
8. Bittencourt N, Meeuwisse W, Mendonça L, Ocarino J, Fonseca S. Complex systems approach for sports injuries : moving from risk factor identi fication to injury pattern recognition — narrative review and new concept. *Br J Sports Med.* 2016;50:1309–14.
9. Millikan N, Grooms DR, Hoffman B, Simon JE. The Development and Reliability of 4 Clinical Neurocognitive Single-Leg Hop Tests: Implications for Return to Activity Decision-Making. *J Sport Rehabil.* 2019;1–9.

10. Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Musahl V, Karlsson J, Cugat R, et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports — Part I : Systematic review of risk factors in male athletes. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2014;22(1):3–15.
11. Stasi S, Myer G, Hewett T. Neuromuscular Training to Target Deficits Associated with Second Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2013;43(11):777–811.
12. Johnston J, Mandelbaum B, Schub D, Rodeo S, Matava M, Silvers H, et al. Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Tears in Professional American Football Athletes. *Am J Sports Med.* 2018;46(4):862–8.
13. Lai C, Ardern C, Feller J, Webster K. Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction : a systematic review with meta- analysis of return to sport rates , graft rupture rates and performance outcomes. *Br J Sports Med.* 2018;52(2):128–38.
14. Waldén M, Häggglund M, Magnusson H, Ekstrand J. ACL injuries in men ’ s professional football : a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65 % of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *Br J Sports Med.* 2016;50(12):744–50.
15. Buckthorpe M. Optimising the Late - Stage Rehabilitation and Return - to - Sport Training and Testing Process After ACL Reconstruction. *Sport Med.* 2019;1–16.
16. Grooms D, Appelbaum G, Onate J. Neuroplasticity Following Anterior Cruciate Ligament Injury: A Framework for Visual-Motor Training Approaches in Rehabilitation. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2015;45(5):381–93.
17. Grooms D, Onate J. Neuroscience Application to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Sports Health.* 2015;8(2):149–52.
18. Swanik C, Covassin T, Stearne D, Schatz P. The Relationship Between Neurocognitive Function and Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Am J Sports Med.* 2007;45(6):943–9.

19. Kapreli E, Athanasopoulos S, Gliatis J, Papathanasiou M, Peeters R, Strimpakos N, et al. Anterior cruciate ligament deficiency causes brain plasticity: A functional MRI study. *Am J Sports Med.* 2009;37(12):2419–26.
20. Grooms D, Page S, Onate J. Brain activation for knee movement measured days before second anterior cruciate ligament injury: Neuroimaging in musculoskeletal medicine. *J Athl Train.* 2015;50(10):1005–10.
21. Grooms D, Kiefer A, Riley M, Ellis J, Thomas S, Kitchen K, et al. Brain-Behavior Mechanisms for the Transfer of Neuromuscular Training Adaptions to Simulated Sport: Initial Findings from the Train the Brain Project. *J Sport Rehabil.* 2018;27(5):1–5.
22. Nyland J, Gamble C, Franklin T, Caborn D. Permanent knee sensorimotor system changes following ACL injury and surgery. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2017;25(5):1461–74.
23. Lion A, Gette P, Meyer C, Seil R, Theisen D. Gait & Posture Effect of cognitive challenge on the postural control of patients with ACL reconstruction under visual and surface perturbations. *Gait Posture.* 2018;60:251–7.
24. Grooms D, Chaudhari A, Page S, Nichols-Larsen D, Onate J. Visual-Motor Control of Drop Landing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Athl Train.* 2018;53(5):486–96.
25. Herman D, Barth J. Drop-Jump Landing Varies With Baseline Neurocognition: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Risk and Prevention. *Am J Sports Med.* 2016;44(9):2347–53.
26. Dai B, Cook R, Meyer E, Sciascia Y, Taylour J, Wang C, et al. The effect of a secondary cognitive task on landing mechanics and jump performance. *Sport Biomech.* 2017;17(2):192–205.
27. Benjaminse A, Otten B, Gokeler A, Diercks R, Lemmink K. Motor learning strategies in basketball players and its implications for ACL injury prevention : a randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2017;25(8):2365–76.
28. Benjaminse A, Holden S, Myer G. ACL rupture is a single leg injury but a double leg

- problem: too much focus on ‘symmetry’ alone and that’s not enough! *Br J Sports Med.* 2018;52(16):1029–30.
29. Vaz D, Avelar B, Resende R. Effects of attentional focus on movement coordination complexity. *Hum Mov Sci.* 2019;64:171–80.
 30. Benjaminse A, Gokeler A, Dowling A, Faigenbaum A, Ford F, Hewett T, et al. Optimization of the Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Paradigm: Novel Feedback Techniques to Enhance Motor Learning and Reduce Injury Risk. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2015;45(3):170–82.
 31. Bosch F. *Strength Training and Coordination: An Integrative Approach.* Rotterdam: 2010 Publishers; 2015.
 32. Gokeler A, Neuhaus D, Benjaminse A, Grooms D, Baumeister J. Principles of Motor Learning to Support Neuroplasticity After ACL Injury : Implications for Optimizing Performance and Reducing Risk of Second ACL Injury. *Sport Med.* 2019;1–19.
 33. Wilkerson G. Neurocognitive Reaction Time Predicts Lower Extremity Sprains and Strains. *Int J Athl Ther Train.* 2012;17(6):4–9.
 34. Wilkerson G, Simpson K, Clark R. Assessment and Training of Visuomotor Reaction Time for Football Injury Prevention. *J Sport Rehabil.* 2017;26(1):26–34.
 35. Smith T, Mitroff S. Stroboscopic Training Enhances Anticipatory Timing. *Int J Exerc Sci.* 2012;5(4):344–53.
 36. Appelbaum L, Schroeder J, Cain M, Mitroff S, Lu Z. Improved visual cognition through stroboscopic training. *Front Physiol.* 2011;2:1–13.
 37. Appelbaum L, Cain M, Schroeder J, Darling E, Mitroff S. Stroboscopic visual training improves information encoding in short-term memory. *Attention, Perception, Psychophys.* 2012;74(8):1681–91.
 38. Appelbaum L, Cain M, Schroeder J, Darling E, Mitroff S. Stroboscopic visual training improves information encoding in short-term memory. *Attention, Perception, Psychophys.* 2012;74(8):1681–91.

39. Wilkins L, Gray R. Effects of Stroboscopic Visual Training on Visual Attention, Motion Perception, and Catching Performance. *Percept Mot Skills*. 2015;121(1):57–79.
40. Kim K, Kim J, Grooms D. Stroboscopic Vision to Induce Sensory Reweighting During Postural Control. *J Sport Rehabil*. 2017;26(5):1–11.
41. Stone A, Roper J, Herman D, Hass C. Cognitive Performance and Locomotor Adaptation in Persons With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Neurorehabil Neural Repair*. 2018;32(7):568–77.
42. Chu Y, Sell T, Abt J, Nagai T, Deluzio J, McGrail M, et al. Air assault soldiers demonstrate more dangerous landing biomechanics when visual input is removed. *Mil Med*. 2012;177(1):41–7.
43. Grant S, Mayo-wilson E, Montgomery P, Macdonald G, Michie S, Hopewell S. CONSORT-SPI 2018 Explanation and Elaboration : guidance for reporting social and psychological intervention trials. *Trials*. 2018;19:1–18.
44. Pandis N, Chung B, Scherer RW, Elbourne D, Altman DG. CONSORT 2010 statement : extension checklist for reporting within person randomised trials. *Br Med J*. 2017;357:1–17.
45. Polit D, Hungler B. *Investigación científica en ciencias de la salud*. 5th ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2002.
46. Valenzuela F, Molina F, Corbi F, Blanco J, Gil R, Soler J. The influence of a biopsychosocial educational internet-based intervention on pain , dysfunction , quality of life , and pain cognition in chronic low back pain patients in primary care : a mixed methods approach. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2015;15(97):1–9.
47. Hernández R, Fernández C, Baptista P. *Metodología de la investigación*. 5th Editio. Mexico: McGraw-Hill; 2010. 170–195 p.
48. Schatz P, Pardini J, Lovell M, Collins M, Podell K. Sensitivity and specificity of the ImPACT Test Battery for concussion in athletes. *Arch Clin Neuropsychol*. 2006;21(1):91–9.
49. Iverson G, Lovell M, Collins M. Validity of ImPACT for Measuring Processing Speed

- Following Sports-Related Concussion. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2005;27(6):683–9.
50. Alsalaheen B, Stockdale K, Pechumer D, Broglio S. Validity of the Immediate Post Concussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT). *Sport Med*. 2016;46(10):1487–501.
 51. Webster K, Hewett T. What is the Evidence for and Validity of Return - to - Sport Testing after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery ? A Systematic Review and Meta - Analysis. *Sport Med*. 2019;1–13.
 52. Gokeler A, Dingenen B. Between-session and inter-rater reliability of the modified tuck jump assessment in healthy adult athletes. *Phys Ther Sport*. 2019;37.
 53. Fort-Vanmeerhaeghe A, Montalvo A, Lloyd R, Read P, Myer G. Intra- and Inter-Rater Reliability of the Modified Tuck Jump Assessment. *J Sport Sci Med*. 2017;16(1):117–24.
 54. Dobija L, Reynaud V, Pereira B, Hille W Van, Bonnin A, Coudeyre E. Measurement properties of the Star Excursion Balance Test in patients with ACL deficiency. *Phys Ther Sport*. 2018;36:7–13.
 55. Almangoush A, Herrington L. Functional Performance Testing and Patient Reported Outcomes following ACL Reconstruction : A Systematic Scoping Review. *Int Sch Res Not*. 2014;1–14.
 56. Herrington L, Hatcher J, Hatcher A, McNicholas M. The Knee A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. *Knee*. 2009;16(2):149–52.
 57. Ness B, Taylor A, Haberl M. Clinical observation and analysis of movement quality during performance on the star excursion balance test. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10(2):168–77.
 58. Gribble P, Kelly S, Refshauge K, Hiller C. Interrater Reliability of the Star Excursion Balance Test. *J Athl Train*. 2013;48(5):621–6.
 59. Gandek B, Roos E, Franklin P, Mph M, Ware E. A 12-item Short Form of the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS-12): Tests of Reliability, Validity and

- Responsiveness. *Osteoarthr Cartil.* 2019;27(5):762–70.
60. Vaquero J, Giuseppe U, Forriol F, Martinelli N. Reliability , validity and responsiveness of the Spanish version of the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) in patients with chondral lesion of the knee. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2012;22(1):104–8.
 61. Roos E, Lohmander L. The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis Pilot study. *Health Qual Life Outcomes.* 2003;8:1–8.
 62. Roos E, Roos H, Lohmander L, Ekdahl C, Beynnon B. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (K00S)-Development of a Self-Administered Outcome Measure. *J Orthop Sport Phys Ther.* 1998;28(2):88–96.
 63. Arundale A, Capin J, Zarzycki R, Smith A, Snyder L. Functional and Patient-Reported Outcomes Improve Over the Course of Rehabilitation : A Secondary Analysis of the ACL-SPORTS Trial. *Sports Health.* 2018;10(5):441–52.
 64. Dingenen B, Gokeler A. Optimization of the Return-to-Sport Paradigm After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Critical Step Back to Move Forward. *Sport Med.* 2017;47(8):1487–500.
 65. Branch T, Stinton S, Hutton W, Neyret P. The combination of tibial anterior translation and axial rotation into a single biomechanical factor improves the prediction of patient satisfaction over each factor alone in patients with ACL reconstructed knees. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2017;25(4):1038–47.
 66. Cole B, Cotter E, Wang K, Davey A. Patient Understanding, Expectations, Outcomes, and Satisfaction Regarding Anterior Cruciate Ligament Injuries and Surgical Management. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2017;33(5):1092–6.
 67. Rubio M, Berlanga V. Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS . Caso práctico . *Rev d’Innovació i Recer en Educ.* 2012;5:83–100.
 68. Mitroff S, Friesen P, Bennett D, Yoo H, Reichow A. Enhancing Ice Hockey Skills Through Stroboscopic Visual Training: A Pilot Study. *Athl Train Sport Heal Care.* 2013;5(6):261–4.

69. Van Melick N. Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction in pivoting athletes. It's time to reconstruct rehabilitation. Radboud University Medical Center; 2019.
70. Grinsven S, Cingel R, Holla C, Loon C. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2010;18(8):1128–44.
71. Urgery S, Ncorporated I. Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Bone Jt Surg.* 2012;94(19):1737–48.
72. Altman R, Beattie P, Charpentier M, DeWitt J, Ferland A, Howard J, et al. Exercise-Based Knee and Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *J orth.* 2018;48(9):1–42.
73. Petushek E, Sugimoto D, Stoolmiller M, Smith G, Myer G. Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes A Systematic Review and Meta-analysis Search Methods for the Identification of Studies. *Am J Sports Med.* 2018;1–9.
74. Chan A, Tetzlaff J, Altman D, Laupacis A, Gøtzsche P, Krleža-jeric K, et al. Declaración SPIRIT 2013 : definición de los elementos estándares del protocolo de un ensayo clínico. *Rev Panam Salud Publica.* 2015;38(6):506–14.
75. Association WM. World Medical Association Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA.* 2015;3010(20):2191–4.

Annex 1

Taula 4: Característiques sociodemogràfiques

Característiques	Grup control	Grup experimental
<i>Edat</i>		
<i>Altura (cm)</i>		
<i>Pes (kg)</i>		
<i>Hores d'activitat física per setmana</i>		
<i>Tipus d'activitat física</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Moderada intensitat</i> - <i>Alta intensitat</i> 		
<i>Extremitat dominant</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Dreta</i> - <i>Esquerra</i> 		
<i>Extremitat intervinguda:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Dreta</i> - <i>Esquerra</i> 		

Annex 2

Phase of jump	Criterion	View	None (0)	Small (1)	Large (2)
Knee and Thigh motion	1. Lower Extremity valgus at landing	Frontal (F)	No valgus	Slight Valgus	Obvious valgus: Both knees touch
	2. Thighs do not reach parallel (peak of jump)	Lateral (L)	The knees are higher or at the same level as the hips	The middle of the knees are at a lower level than the middle of the hips	The whole knees are under the entire hips
	3. Thighs not equal side-to-side during flight	F	Thighs equal side-to-side	Thighs slightly unequal side-to-side	Thighs completely unequal side-to-side (one knee is over the other)
Foot Position During Landing	4. Foot placement not shoulder width apart	F	Foot placement exactly shoulder width apart	Foot placement mostly shoulder width apart	Both feet fully together and touch at landing
	5. Foot placement not parallel (front to back)	L	Foot (the end of the feet) placement parallel	Foot placement mostly parallel	Foot placement obviously unparallel (one foot is over half the distance of the other foot/leg)
	6. Foot contact timing not equal (Asymmetrical landing)	F	Foot contact timing equal side-to-side	Foot contact timing slightly unequal	Foot contact timing completely unequal
	7. Excessive landing contact noise	F/L	Subtle noise at landing (landing on the balls of their feet)	Audible noise at landing (heels almost touch the ground at landing)	Loud and pronounced noise at landing (contact of the entire foot and heel on the ground between jumps)
Plyometric Technique	8. Pause between jumps	F/L	Reactive and reflex jumps	Small pause between jumps	Large pause between jumps (or double contact between jumps)
	9. Technique declines prior 10 seconds	F/L	No decline in technique.	Technique declines after five seconds	Technique declines before five seconds
	10. Does not land in same foot print (Consistent point of landing)	F/L	Lands in same footprint	Does not land in same footprint, but inside the shape	Lands outside the shape

Figura 5: Valoració Tuck Jump Test

Annex 3

Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Spanish (US) version LK 1.0

1

ENCUESTA KOOS SOBRE LA RODILLA

Fecha actual: ____/____/____ Fecha de nacimiento: ____/____/____

Nombre: _____

INSTRUCCIONES: Esta encuesta le hace preguntas sobre su rodilla. Esta información nos mantendrá informados de cómo se siente acerca de su rodilla y sobre su capacidad para hacer sus actividades diarias. Responda a cada pregunta haciendo una marca en la casilla apropiada. Marque sólo una casilla por cada pregunta. Si no está seguro(a) de cómo contestar la pregunta, por favor dé la mejor respuesta posible.

Síntomas

Deberá responder a estas preguntas pensando en los síntomas que tuvo en su rodilla durante los **últimos siete días**.

S1. ¿Tuvo hinchazón en la rodilla?

Nunca	Rara vez	Algunas veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

S2. ¿Sentía fricción o escuchó algún sonido o ruido en su rodilla cuando la movía?

Nunca	Rara vez	Algunas veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

S3. ¿Su rodilla se trababa o quedaba colgada cuando la movía?

Nunca	Rara vez	Algunas veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

S4. ¿Podía enderezar totalmente su rodilla?

Siempre	Frecuentemente	Algunas veces	Rara vez	Nunca
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

S5. ¿Podía doblar totalmente su rodilla?

Siempre	Frecuentemente	Algunas veces	Rara vez	Nunca
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Rigidez

Las siguientes preguntas son en relación a la intensidad de la rigidez que ha sentido durante los **últimos siete días** en su rodilla. Rigidez es la sensación de restricción o lentitud que siente cuando mueve la articulación de su rodilla.

S6. ¿Qué tan severa fue la rigidez en su rodilla al despertarse en la mañana?

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

S7. En el transcurso del día, ¿qué tan severa ha sido la rigidez en su rodilla al estar(a), sentado(a), recostado(a) o haber descansado?

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dolor

¿Cuánto dolor ha sentido en su rodilla en los **últimos siete días** durante las siguientes actividades?

P1. ¿Con qué frecuencia ha sentido usted dolor en la rodilla?

Nunca	Una vez al mes	Una vez a la semana	A diario	Siempre
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P2. Torciendo/rotando su rodilla

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P3. Enderezando totalmente su rodilla

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P4. Doblando totalmente su rodilla

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P5. Al caminar en una superficie plana

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P6. Al subir o bajar escaleras

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P7. Por la noche, al estar en la cama

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P8. Al estar sentado(a) o recostado(a)

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P9. Al estar de pie

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Funcionamiento en actividades cotidianas

Las siguientes preguntas se refieren a su funcionamiento físico en general o sea, a su habilidad para moverse y tener cuidado de sí mismo(a). Para cada una de las siguientes actividades, por favor indique el grado de dificultad que ha sentido en su funcionamiento físico durante los **últimos siete días** debido a su rodilla afectada.

A1. Al bajar las escaleras

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A2. Al subir las escaleras

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Para cada una de las siguientes actividades, por favor indique el grado de dificultad que ha sentido en su funcionamiento físico durante los **últimos siete días** debido a su rodilla afectada.

A3. Al levantarse después de estar sentado(a)

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A4. Al estar de pie

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A5. Al agacharse en cuclillas a recoger un objeto del piso

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A6. Al caminar en una superficie plana

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A7. Al subir o bajarse de un carro

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A8. Al ir de compras

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A9. Al ponerse los calcetines o las medias

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A10. Al levantarse de la cama

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A11. Al quitarse los calcetines o las medias

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A12. Al estar recostado(a) en la cama (cuando se voltea y al mantener la posición de la rodilla)

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A13. Al entrar o salir de la tina (bañadera)

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A14. Al estar sentado(a)

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A15. Al sentarse o levantarse del inodoro [excusado (W.C.)]

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Para cada una de las siguientes actividades, por favor indique el grado de dificultad que ha sentido en su funcionamiento físico durante los **últimos siete días** debido a su rodilla afectada.

A16. Trabajo pesado en la casa (moviendo cajas pesadas, fregando el piso, etc.)

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A17. Trabajo liviano en la casa (cocinando, desempolvando, etc.)

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Funcionamiento en actividades deportivas y recreación

Las siguientes preguntas se refieren al funcionamiento físico cuando está haciendo actividades intensas. Debería contestar las preguntas pensando en el grado de dificultad que ha sentido durante los **últimos siete días** debido a su rodilla.

SP1. Sentándose en cuclillas

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SP2. Corriendo

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SP3. Saltando

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SP4. Torciendo/rotando en su rodilla afectada

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SP5. Arrodillándose

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Calidad de vida

Q1. ¿Con qué frecuencia está conciente del problema en su rodilla?

Nunca	Una vez al mes	Una vez a la semana	A diario	Constantemente / Siempre
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Q2. ¿Ha cambiado su estilo de vida para evitar actividades que podrían ser peligrosas para su rodilla?

De ninguna manera	Un poco	Moderadamente	Seramente	Totalmente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Q3. ¿Qué tanto le preocupa la falta de confianza en su rodilla?

De ninguna manera	Un poco	Moderadamente	Seramente	Totalmente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Q4. Generalmente, ¿cuánta dificultad tiene con su rodilla?

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Muchas gracias por contestar a todas las preguntas en este cuestionario.

Figura 6: Qüestionari KOOS

Annex 4

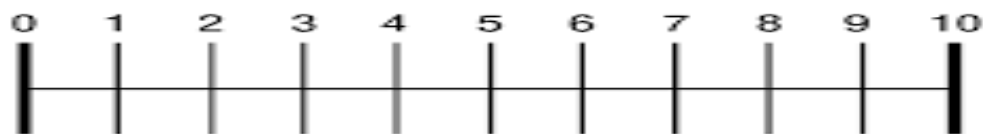
Registre de Resultats

Codi pacient:

Data de recollida:

ImPACT		SEBT						
Mesures	Valors	Direcció	Extremitat Dreta			Extremitat Esquerra		
			Execució 1	Execució 2	Execució 3	Execució 1	Execució 2	Execució 3
Memòria verbal		Anterior						
Memòria Visual		Postero Lateral						
Temps de Reacció		Postero Medial						
Velocitat de Processament								

Tuck Jump Test										Total
Mesura	Mecànica del genoll		Posició del peu en l'amortiment				Tècnica de pliometria			
	Valgo al amortiment	Femur no paral·lel al terra durant el salt	Cames no igualades durant el salt	Peus no alineats amb les espatlles durant el contacte	Peus no paral·lels durant el contacte	Temps de contacte al terra asimètric	Excés de soroll al contactar al terra	Pausa entre salts	Pèrdua de la tècnica durant l'execució		El contacte amb el terra fora de la marca
0										
1										
2										



Signatura examinador 1

Signatura examinador 2

Annex 5

CONSENTIMENT INFORMAT PER LA REALITZACIÓ DE PROJECTES D'INVESTIGACIÓ

(Data)

Títol de l'estudi: "Efectivitat del tractament neurocognitiu mitjançant el Stroboscopic Vision Training en pacients esportistes del CAP 11 de Setembre amb una reconstrucció del Lligament Creuat Anterior".

Investigador principal: Xavier Calvo Estelrich

Centre: Rehabilitació Hospitalària de l'Arnau de Vilanova, Lleida.

Jo _____

amb DNI _____

- ☐ He llegit la fulla d'informació que se m'ha entregat.
 - ☐ He pogut fer preguntes sobre l'estudi.
 - ☐ He rebut suficient informació sobre l'estudi.
 - ☐ He conversat amb Xavier Calvo Estelrich.
 - ☐ Entenc que la meva participació és voluntària.
 - ☐ Entenc que put retirar-me de l'estudi i sol·licitar la destrucció de la meva mostra:
 - Quan vulgui.
 - Sense tenir que donar explicacions.
 - Sense tindre repercussió als tractaments mèdics.
 - ☐ Entenc que, si decideix-ho retirar-me de l'estudi, els resultats obtinguts fins al moment es podran seguir utilitzant però que no es realitzaran nous anàlisis de la meva mostra.
- En cas de que els resultats de la investigació proporcionin dades que poden interessar a la meva persona o familiars:
- ☐ Vull ser informat.

☐ No vull ser informat, però accepto que el metge contacti amb els meus familiars si els resultats em poden afectar.

☐ Entenc que tinc els drets d'accés, rectificació, supressió, oposició, limitació del tractament de dades, inclús a traslladar les meves dades a un tercer autoritzat, d'acord amb la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de Desembre, de protecció de dades de caràcter personal i garantia dels drets digitals.

☐ Ofereixo lliurement la meua conformitat per participar a l'estudi i dono el meu consentiment per l'accés i utilització de dades en les condicions detallades en la fulla de informació al pacient.

Al terme de la investigació la meua mostra podrà ser:

☐ Destruïda

☐ Anonimizada

☐ Incorporada en una col·lecció on el responsable és l'investigador Xavier Calvo Estelrich que es troba a Lleida, per continuar sent utilitzada en l'estudi de les patologies del Lligament Creuat Anterior.

☐ Quedar emmagatzemada per poder ser utilitzada en d'altres investigacions, possiblement no relacionades amb l'estudi inicial.

Firma del pacient:

Firma de l'investigador:

Nom:

Nom:

Data:

Annex 6

Full de informació pels participants d'un Estudi d'Investigació

Jo, Xavier Calvo Estlerich, sóc l'investigador principal de l'estudi. Aquesta és una fulla d'informació detallada sobre la investigació a realitzar.

No ha de decidir en aquests moments la teva participació. En cas de no entendre alguna paraula, romanc a la teva disposició per solucionar qualsevol dubte.

Títol de l'estudi: “Efectivitat del tractament neurocognitiu mitjançant el Stroboscopic Vision Training en pacients esportistes del CAP 11 de Setembre amb una reconstrucció del Lligament Creuat Anterior”.

Promotor: Universitat de Lleida

Introducció:

Previ a estar d'acord en la participació de l'estudi has de llegir i entendre la següent informació sobre l'estudi.

Aquest és un document que descriu els objectius, la metodologia, els beneficis, riscos i incomoditats, i el maneig de la informació de l'estudi. És necessari que siguis honest en quant a l'historial mèdic i qualsevol altre símptoma que puguis experimentar durant l'estudi. La participació és totalment voluntària, podent negar-se o retirar-se d'aquest sense afectar l'atenció mèdica.

Objectiu:

L'objectiu principal de l'estudi és avaluar l'efectivitat del tractament Stroboscopic Visual Training sobre la capacitat neurocognitiva dels pacients intervinguts d'una reconstrucció del lligament creuat anterior (LCA). També es valoren altres ítems com el control motor i la percepció subjectiva.

Metodologia:

És un protocol d'investigació, on s'introduirà al tractament les ulleres estroboscòpiques per comparar-lo amb el convencional realitzat fins al moment. Aquestes alternen tons d'opacitat amb d'altres transparents, amb l'objectiu d'incrementar les demandes

neurocognitives durant l'exercici terapèutic, i aconseguir adaptacions en la plasticitat del cervell, que permetin tindre un major control i estabilitat del genoll.

Tots els participants han estat intervinguts del LCA i han de superar uns criteris de selecció. Al final del tractament es duran a terme les proves funcionals per valorar l'efectivitat d'aquest.

Un cop llegit aquest document de informació, i estar segur de la teva participació et requereixo escriure la identitat, data i signa del consentiment informat. Queda constància que el tractament corresponent serà elegit de forma totalment aleatòria.

Durada:

La participació en l'estudi dependrà de l'evolució del tractament, finalitzant un cop s'obtingui l'alta mèdica per part del traumatòleg corresponent. La durada aproximada és d'entre 6 a 8 mesos.

Durant l'estudi es requereix la participació activa i l'assistència a les sessions de rehabilitació hospitalària de forma continuada.

Beneficis:

No obtindràs ningun tipus de benefici per la participació en l'estudi, encara que els resultats poden ajudar a d'altre gent.

El tractament utilitzat pot suposar millores en quant al control motor i l'estabilitat del genoll, permetent retornar a l'activitat esportiva amb menys risc de recaiguda i amb un major rendiment.

Riscs i incomoditats:

El protocol d'investigació no presenta ningun risc ni possibles afectes adversos o secundaris.

Maneig d'informació:

La identitat, dades mèdiques i les obtingudes durant l'estudi seran totalment confidencials. A menys de requerir-ho per llei, es necessitaria el teu consentiment escrit

per compartir la informació. En cas de publicar-se els resultats de l'estudi, sempre es mantindrà la confidencialitat de la identitat.

Tindràs accés directa a les teves dades seguint la Llei Orgànica 3/2018, del 5 de Desembre, de protecció de dades de caràcter personal i garantia dels drets digitals.

Tan sols les persones involucrades en l'estudi tindran accés a les dades, mantenint-se la confidencialitat d'aquestes en tot moment.

Obtenció de informació:

En cas de requerir de més informació sobre l'estudi, jo personalment Xavier Calvo Estelrich, romandré a la teva disposició per qualsevol aclariment. Et pots posar en contacte mitjançant telèfon mòbil o correu electrònic:

- Telèfon:
- Correu electrònic: